

Légende :

- Les modifications introduites par l'arrêté du 6 avril 2022 modifiant les arrêtés pris en application des articles R. 122-22 à R. 122-25 et R. 172-1 à R. 172-9 du code de la construction et de l'habitation **sont surlignées en jaune (ajout des usages bureaux et enseignement primaire et secondaires).**
- Les modifications introduites par l'arrêté du 22 décembre 2022 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions temporaires ou de petite surface **sont surlignées en rose (précisions à la méthode).**
- Les modifications introduites par l'arrêté du 1er février 2023 modifiant les arrêtés pris en application des articles R. 172-6, R. 172-12 et R. 173-2 du code de la construction et de l'habitation **sont surlignées en gris (précisions à la méthode).**
- Les modifications introduites par l'arrêté du 19 mars 2026 modifiant les arrêtés pris en application des articles R. 122-22 à R. 122-25 et R. 172-1 à R. 172-9 du code de la construction et de l'habitation **sont en gras et surlignées en vert (ajout des usages tertiaires spécifiques et industrie / artisanat).**

ANNEXE III : Méthode de calcul détaillée « Th-BCE 2020 »

SOMMAIRE

1. GENERALITES.....	15
1.1 Introduction.....	15
1.2 Architecture des fiches algorithmes	16
1.3 Divers	16
1.3.1 Règle d'arrondis	16
1.3.2 Surfaces utilisées dans le calcul	16
2. LES PRINCIPALES DONNEES CONVENTIONNELLES	17
2.1 LES DONNEES CONVENTIONNELLES D'OCCUPATION ET D'USAGE	17
2.1.1 LES SCENARIOS CONVENTIONNELS	18
2.1.2 LES AUTRES CONVENTIONS D'USAGE.....	27
DESCRIPTION DE LA METHODE DE CALCUL - FICHES ALGORITHME DES COMPOSANTS ET DES ASSEMBLAGES	
27	
3. METEO ET ENVIRONNEMENT EXTERIEUR	27
3.1 C_EEX_Climat exterieur	27
3.1.1 Introduction.....	27
3.1.2 Nomenclature	28
3.1.3 Description mathématique	31
3.2 C_EEX_environnement_proche	34
3.2.1 Introduction.....	34
3.2.2 Nomenclature	35
3.2.3 Description mathématique	39
4. SCENARIOS ET ENVIRONNEMENT INTERIEUR.....	52
4.1 C_EIN_Scénarios conventionnels	52
4.1.1 Introduction.....	52
4.1.2 Nomenclature	52
4.1.3 Description mathématique	56
4.2 FA_Maison_individuelle_Logement_Collectif	64

4.2.1	Préambule.....	64
4.2.2	Définitions complémentaires	64
4.2.3	Modalités d'application.....	64
4.2.4	Comment déterminer le type de bâtiment d'habitation ?	65
4.2.5	Exemples.....	67
4.3	FA_Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée	69
4.3.1	Préambule.....	69
4.3.2	Quelles sont les conventions d'usage ?	69
4.3.3	Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée?	69
4.4	FA_Extension_de_bâtiment	70
4.5	C_Ein_Indicateurs de confort.....	71
4.5.1	Introduction.....	71
4.5.2	Nomenclature	72
4.5.3	Description mathématique	75
4.6	C_Ein_Détermination des saisons	80
4.6.1	Introduction.....	80
4.6.2	Nomenclature	81
4.6.3	Description mathématique	85
4.7	C_EIN_calcul des consommations electriques des équipements mobiliers	95
4.7.1	Introduction.....	95
4.7.2	Nomenclature	95
4.7.3	Description mathématique	96
5.	BATI	97
5.1	S3_BAT-Assemblage_Batiment.....	98
5.1.1	Introduction.....	98
5.1.2	Nomenclature	99
5.1.3	Assemblage des composants	101
5.2	S1-Bat-Assemblage des espaces tampons	104
5.2.1	Nomenclature	104
5.2.2	Description mathématique	107
5.3	Gestion/Régulation des espaces tampons solarisés	108
5.3.1	Introduction.....	108
5.3.2	Nomenclature	109
5.3.3	Description mathématique	112
5.4	Espaces tampons.....	118
5.4.1	Introduction.....	118
5.4.2	Nomenclature	119
5.4.3	Description mathématique	123
5.5	S2_BAT-assemblage_zone.....	128
5.5.1	Introduction.....	128
5.5.2	Nomenclature	129
5.5.3	Assemblage des composants	131
5.6	C_VEN_Débits_d'air_Cep	136
5.6.1	Introduction.....	136
5.6.2	Nomenclature	137
5.6.3	Description mathématique	142
5.7	S2_BAT_assemblage_groupe	161
5.7.1	Introduction.....	161
5.7.2	Nomenclature	162

5.7.3	Assemblage des composants	168
5.8	S1_BAT_assemblage_baies.....	173
5.8.1	Introduction.....	173
5.8.2	Nomenclature	174
5.8.3	Assemblage des composants.....	177
5.9	C_BAT_Gestion_protections_mobiles	179
5.9.1	Introduction.....	179
5.9.2	Nomenclature	180
5.9.3	Description mathématique	185
5.10	C_BAT_Baie vitrée.....	219
5.10.1	Introduction.....	219
5.10.2	Nomenclature	221
5.10.3	Description mathématique	229
5.11	FA_Clasement_au_bruit_d'une_baie	245
5.11.1	Introduction.....	245
5.11.2	Le classement au bruit d'une baie : BR1- BR2 - BR3.....	245
5.11.3	Etape 1 : repérage général des infrastructures	246
5.11.4	Etape 2 : détermination de la distance d'une façade à une infrastructure de transport terrestre	246
5.11.5	Etape 3 : détermination des obstacles	247
5.11.6	Etape 4 : détermination de la vue de l'infrastructure de transport terrestre depuis une baie	247
5.11.7	tableaux de BR pour le bruit des transports terrestres	249
5.12	C_BAT_Perméabilité_des_PM	251
5.12.1	Introduction.....	251
5.12.2	Nomenclature	252
5.12.3	Description mathématique	253
5.13	C_BAT_Surventilation naturelle par ouverture des baies pour le confort thermique	255
5.13.1	Introduction.....	255
5.13.2	Nomenclature	256
5.13.3	Description mathématique	260
5.14	C_BAT_ensemble_baies	272
5.14.1	Introduction.....	272
5.14.2	Nomenclature	273
5.14.3	Description mathématique	276
5.15	S1_BAT_assemblage_parois opaques	281
5.15.1	Introduction.....	281
5.15.2	Nomenclature	282
5.15.3	Assemblage des composants.....	283
5.16	C_BAT_ensemble_parois opaques	284
5.16.1	Introduction.....	284
5.16.2	Nomenclature	285
5.16.3	Description mathématique	286
5.17	C_BAT_paroie opaque.....	288
5.17.1	Introduction.....	288
5.17.2	Nomenclature	289
5.17.3	Description mathématique	291
5.18	S1_BAT_assemblage_ponts_thermiques	294
5.18.1	Introduction.....	294
5.18.2	Nomenclature	295

5.18.3	Description mathématique	296
5.18.4	Assemblage des composants	297
5.19	C_BAT_pont thermique	298
5.19.1	Introduction	298
5.19.2	Nomenclature	299
5.19.3	Description mathématique	301
5.20	C_BAT_ensemble_ponts_thermiques	303
5.20.1	Introduction	303
5.20.2	Nomenclature	304
5.20.3	Description mathématique	305
5.21	C_BAT_comportement thermique d'un groupe	306
5.21.1	Introduction	306
5.21.2	Nomenclature	306
5.21.3	Description mathématique	312
6.	VENTILATION.....	321
6.1	C_VEN_BBIO	321
6.1.1	Introduction	321
6.1.2	Nomenclature	322
6.1.3	Description mathématique	324
6.2	C_VEN_Bouche_conduit	326
6.2.1	Introduction	326
6.2.2	Nomenclature	327
6.2.3	Description mathématique	331
6.3	C_VEN_CTA et Double_flux.....	342
6.3.1	Introduction	342
6.3.2	Nomenclature	343
6.3.3	Description mathématique	353
6.4	C_VEN_Mécanique_Basse-Pression	396
6.4.1	Introduction	396
6.4.2	Définition	396
6.4.3	Nomenclature	397
6.4.4	Description mathématique	399
6.5	C_VEN_Mécanique_SF	400
6.5.1	Introduction	400
6.5.2	Nomenclature	401
6.5.3	Description mathématique	406
6.6	C_VEN_Ventilation naturelle et hybride par conduits	411
6.6.1	Introduction et définition	411
6.6.2	Nomenclature	412
6.6.3	Description mathématique	417
6.7	C_VEN_Ventilation_naturelle_par_ouverture_de_fenêtres	429
6.7.1	Introduction	429
6.7.2	Nomenclature	430
6.7.3	Description mathématique	431
6.8	C_VEN_Puits climatique	432
6.8.1	Introduction	432
6.8.2	Nomenclature	434
6.8.3	Description mathématique	436
6.9	C_VEN_Puits_hydraulique	440

6.9.1	Introduction.....	440
6.9.2	Nomenclature	441
6.9.3	Description mathématique	444
6.10	C_VEN_gestion_régulation_Puits_climatique	449
6.10.1	Introduction.....	449
6.10.2	Nomenclature	450
6.10.3	Description mathématique	452
6.11	S1_BAT_assemblage_puits_climatique	454
6.11.1	Introduction.....	454
6.11.2	Nomenclature	455
6.11.3	Assemblage des composants.....	456
6.12	C_VEN_Fonctions de rafraîchissement par surventilation mécanique des systèmes de ventilation.....	461
6.12.1	Introduction.....	461
6.12.2	Nomenclature	462
6.12.3	Description mathématique	465
7.	ECLAIRAGE.....	470
7.1	C_ECL_éclairage.....	470
7.1.1	Introduction.....	470
7.1.2	Nomenclature	475
7.1.3	Description mathématique	481
7.2	C_ECL_calcul des consommations d'éclairage des parties communes en logement collectif	502
7.2.1	Introduction.....	502
7.2.2	Nomenclature	502
7.2.3	Description mathématique	503
8.	CHAUFFAGE, REFROIDISSEMENT	504
8.1	C_Emi-Systèmes Emissions du groupe en chaud et en froid.....	504
8.1.1	Introduction.....	504
8.1.2	Nomenclature	505
8.1.3	Description mathématique	513
8.2	FA_Emissions_mixte_et_composite	530
8.2.1	Introduction.....	530
8.2.2	Définitions.....	530
8.2.3	prise en compte des systèmes d'émission à air non gainés dans les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs	530
8.2.4	prise en compte des appareils indépendants de chauffage à bois dans les maisons individuelles ou accolées	532
8.2.5	prise en compte des appareils indépendants de chauffage à combustible gazeux de type poêles et inserts dans les maisons individuelles ou accolées	535
8.2.6	systèmes d'émission composites de chauffage	536
8.3	C_Emi_Bilan hydrique	543
8.3.1	Introduction.....	543
8.3.2	Nomenclature	544
8.3.3	Description mathématique	546
8.4	C_Ein_Détermination des saisons de fonctionnement des systèmes de chaud et de froid	551
8.4.1	Introduction.....	551
8.4.2	Nomenclature	552
8.4.3	Description mathématique	554
8.5	C_Ein_Programmation des relances des systèmes	556
8.5.1	Introduction.....	556

8.5.2	Nomenclature	557
8.5.3	Description mathématique	559
8.6	S1_Dist_Assemblage des systèmes de chauffage et de refroidissement	562
8.6.1	Introduction	562
8.6.2	Nomenclature	563
8.6.3	Description mathématique	566
8.7	C-DIST-Gestion/régulation des distributions de chauffage et de refroidissement du groupe	569
8.7.1	Introduction	569
8.7.2	Nomenclature	570
8.7.3	Description mathématique	573
8.8	C-Dist-Distribution de chauffage et de refroidissement du groupe.....	581
8.8.1	Introduction	581
8.8.2	Nomenclature	582
8.8.3	Description mathématique	585
8.9	C-DIST-Gestion/régulation des distributions intergroupes de chaud et de froid	588
8.9.1	Introduction	588
8.9.2	Nomenclature	589
8.9.3	Description mathématique	593
8.10	C-Dist-Distribution intergroupes de chaud et de froid.....	603
8.10.1	Introduction	603
8.10.2	Nomenclature	604
8.10.3	Description mathématique	607
8.11	C-Dist-Gestion/régulation des réseaux de distribution des CTA	610
8.11.1	Introduction	610
8.11.2	Nomenclature	611
8.11.3	Description mathématique	615
8.12	C-Dist-Distributions intergroupes des CTA.....	619
8.12.1	Nomenclature	619
8.12.2	Description mathématique	622
8.13	FA_Clasement des réseaux de distribution en ou hors volume chauffé.....	623
8.13.1	Introduction	623
8.13.2	Principe	623
8.14	S1_Syst_Assemblage de la génération	626
8.14.1	Introduction	626
8.14.2	Nomenclature	627
8.14.3	Description mathématique	630
8.15	C_Gen_Transferts Entre Generateurs Sur Boucle D'eau	632
8.15.1	Introduction	632
8.15.2	Nomenclature	633
8.15.3	Description mathématique	637
8.16	C_GEN_Transferts entre locaux par les générateurs DRV ou thermofrigopompes	647
8.16.1	Introduction	647
8.16.2	Nomenclature	648
8.16.3	Description mathématique	650
8.17	C_GEN_Gestion/régulation de la génération	653
8.17.1	Introduction	653
8.17.2	Nomenclature	656
8.17.3	Description mathématique	664
8.18	C_GEN_Générateur direct à effet joule	690

8.18.1	Introduction.....	690
8.18.2	Nomenclature	690
8.18.3	Description mathématique	692
8.19	C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois	694
8.19.1	Introduction.....	694
8.19.2	Nomenclature	695
8.19.3	Description mathématique	699
8.20	C_GEN_AUTRES_GENERATEURS_A_COMBUSTION	710
8.20.1	Introduction.....	710
8.20.2	Nomenclature	711
8.20.3	Description mathématique	715
8.21	C_GEN_système de cogénération	727
8.21.1	Introduction.....	727
8.21.2	Nomenclature	727
8.21.3	Description mathématique	732
8.22	C_GEN_poêles et inserts	744
8.22.1	Introduction.....	744
8.22.2	Nomenclature	744
8.22.3	Description mathématique	746
8.23	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec	748
8.23.1	Introduction.....	748
8.23.2	Nomenclature	749
8.23.3	Description mathématique	756
8.24	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_GAZ	822
8.24.1	Introduction.....	822
8.24.2	Nomenclature	823
8.24.3	Description mathématique	828
8.25	C_Gen_PAC Moteur_Gaz.....	890
8.25.1	Introduction.....	890
8.25.2	Nomenclature	890
8.25.3	Description mathématique	896
8.26	C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques.....	912
8.26.1	Introduction.....	912
8.26.2	Nomenclature	914
8.26.3	Description mathématique	919
8.27	C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques de type sol	930
8.27.1	Introduction.....	930
8.27.2	Nomenclature	931
8.27.3	Description mathématique	933
8.28	C_gen_Réseau de chaleur et de froid	935
8.28.1	Introduction.....	935
8.28.2	Nomenclature	935
8.28.3	Description mathématique	937
8.29	C_GEN_Calculs génération.....	941
8.29.1	Introduction.....	941
8.29.2	Nomenclature	942
8.29.3	Description mathématique	948
8.30	C_GEN_Echangeur_Geocooling	963
8.30.1	Introduction.....	963
8.30.2	Nomenclature	964

8.30.3	Description Algorithmique	967
8.31	C_Sys_Rafraichissement par geocooling (en groupe non-climatisé)	971
8.31.1	Introduction	971
8.31.2	Nomenclature	972
8.31.3	Description Algorithmique	977
8.32	C_BAT_Fonctionnement/gestion/régulation des brasseurs d'air	989
8.32.1	Introduction	989
8.32.2	Nomenclature	990
8.32.3	Description mathématique	993
8.33	Sn_Methode_VEFA_TCH_Chauffage_Effet_Joule	1003
8.33.1	Introduction	1003
8.33.3	Nomenclature du modèle	1004
8.33.4	Description mathématique	1011
9.	ECS	1019
9.1	S1_BAT_production_instantanée_ECS_(dé)centralisée	1019
9.1.1	Introduction	1019
9.1.2	Nomenclature	1020
9.1.3	Assemblage des composants de la production d'ECS instantanée, centralisée ou décentralisée	1022
9.2	S3_BAT_production_stockage_ECS_(dé)centralisée	1025
9.2.1	Introduction	1025
9.2.2	Nomenclature	1026
9.2.3	Assemblage des composants de la production d'ECS centralisée ou décentralisée avec stockage(s)	1028
9.3	S3_BAT_production_ECS_centralisée_appoints_décentralisés	1031
9.3.1	Introduction	1031
9.3.2	Nomenclature	1032
9.3.3	Assemblage des composants de la production d'ECS centralisée avec appoints décentralisés	1035
9.4	S3_BAT_production_mixte	1037
9.4.1	Introduction	1037
9.4.2	Nomenclature	1038
9.4.3	Assemblage des composants de la production mixte	1040
9.5	C_EMI_Emission_ECS	1042
9.5.1	Introduction	1042
9.5.2	Nomenclature	1043
9.5.3	Description mathématique	1045
9.6	C_EIN_besoins_ECS	1049
9.6.1	Introduction	1049
9.6.2	Nomenclature	1050
9.6.3	Description mathématique	1053
9.7	C_DIS_Distribution_ECS_du_groupe	1067
9.7.1	Introduction	1067
9.7.2	Nomenclature	1068
9.7.3	Description mathématique	1070
9.8	C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe	1074
9.8.1	Introduction	1074
9.8.2	Nomenclature	1075
9.8.3	Description mathématique	1078

9.9	C_STO_Ballon_de_stockage	1086
9.9.1	Introduction.....	1086
9.9.2	Nomenclature	1087
9.9.3	Description mathématique	1091
9.10	C_STO_gestion_régulation_ballon	1100
9.10.1	Introduction.....	1100
9.10.2	Nomenclature	1101
9.10.3	Description mathématique	1104
9.11	C_STO_échangeur_ballon	1114
9.11.1	Introduction.....	1114
9.11.2	Nomenclature	1114
9.11.3	Description Algorithmique Pour l'échangeur externe	1117
9.11.4	Description Algorithmique Pour l'échangeur interne	1121
9.12	C_STO_Accumulateur_ECS en eau technique	1124
9.12.1	Introduction.....	1124
9.12.2	Nomenclature	1125
9.12.3	Description algorithmique.....	1129
9.13	S1_GEN_générateur_pour_ballon	1147
9.13.1	Introduction.....	1147
9.13.2	Nomenclature	1148
9.13.3	Assemblage des composants du générateur pour stockage.....	1149
9.14	S2_GEN_Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballon et d'un ou plusieurs générateurs	1152
9.14.1	Introduction.....	1152
9.14.2	Nomenclature	1152
9.14.3	Assemblage des composants	1155
9.15	C_GEN_Boucle solaire	1164
9.15.1	Introduction.....	1164
9.15.2	Nomenclature	1165
9.15.3	Description mathématique	1167
9.16	S1_GEN_CESCI.....	1171
9.16.1	Introduction.....	1171
9.16.2	Nomenclature	1172
9.16.3	Assemblage des composants	1177
9.17	S2_GEN_CESCAI.....	1197
9.17.1	Introduction.....	1197
9.17.2	Nomenclature	1198
9.17.3	Assemblage des composants du CESCAI.....	1202
9.18	C_STO_Gestion-régulation_de_la_Boucle_de_Chauffage_Solaire.....	1214
9.18.1	Introduction.....	1214
9.18.2	Nomenclature	1215
9.18.3	Description mathématique	1217
9.19	S2_GEN_Système_Solaire_Combiné_appoint_Chauffage_indépendant	1219
9.19.1	Introduction.....	1219
9.19.2	Nomenclature	1220
9.19.3	Assemblage des composants	1222
9.20	S2_GEN_Système_Solaire_Combiné_appoint_chauffage raccordé	1229
9.20.1	Introduction.....	1229
9.20.2	Nomenclature	1230
9.20.3	Assemblage des composants	1232
9.21	C_BAT_Récupérateur de chaleur sur les eaux grises	1241

9.21.1	Introduction.....	1241
9.21.2	Émetteur Équivalent.....	1242
9.21.3	Assemblage ballon ECS.....	1255
9.21.4	DISTRIBUTION d'évacuation DES EAUX GRISES du groupe	1258
9.21.5	DISTRIBUTION d'évacuation INTERGROUPE DES EAUX GRISES.....	1261
9.21.6	ÉCHANGEUR instantané de chaleur sur les eaux grises	1264
9.21.7	Énergie consommée par la pompe de relevage (ajouts cometh).....	1267
9.22	PR1_IdCET_ Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique	1269
9.22.1	Introduction.....	1269
9.22.2	Nomenclature	1270
9.22.3	Description mathématique	1274
9.23	PR2_IdCESI_ Saisie des chauffe-eau solaires individuels (Kit CESI)	1290
9.23.1	Introduction.....	1290
9.23.2	Nomenclature	1291
9.23.3	Description mathématique	1292
9.24	FA_Bâtiments non équipés de production d'eau chaude sanitaire	1294
9.24.1	Introduction.....	1294
9.24.2	Champ d'application	1294
9.24.3	Prise en compte dans le calcul réglementaire	1294
10.	DEPLACEMENT DES OCCUPANTS À L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT	1295
10.1	C_Bat_Ascenseurs.....	1295
10.1.1	Introduction.....	1295
10.1.2	Nomenclature du modèle	1296
10.1.3	Description mathématique	1300
10.2	C_Bat_Escalators.....	1309
10.2.1	Introduction.....	1309
10.2.2	Nomenclature du modèle	1310
10.2.3	Description mathématique	1312
10.3	C_VEN_Calcul des consommations de ventilation des parcs de stationnement fermés.....	1318
10.3.1	Introduction.....	1318
10.3.2	Nomenclature du modèle	1321
10.3.3	Description mathématique	1323
10.4	C_ECL calcul des consommations d'éclairage des parkings	1327
10.4.1	Introduction.....	1327
10.4.2	Nomenclature du modèle	1327
10.4.3	description mathématique	1330
11.	PERTES.....	1333
11.1	C_PER_Pertes et consommations électriques récupérables.....	1333
11.1.1	Introduction.....	1333
11.1.2	Nomenclature	1335
11.1.3	Description mathématique	1338
12.	PRODUCTION LOCALE D'ELECTRICITE	1340
12.1	S1_PV_installation_PV	1340
12.1.1	Introduction.....	1340
12.1.2	Nomenclature	1341
12.1.3	Assemblage des composants.....	1342
12.2	S2_PV_global_PV	1343
12.2.1	Introduction.....	1343
12.2.2	Nomenclature	1344

12.2.3	Assemblage des composants	1345
12.3	C_PV_capteur_PV	1346
12.3.1	Introduction	1346
12.3.2	Nomenclature	1347
12.3.3	Description mathématique	1349
12.4	C_PV_onduleurs_PV	1352
12.4.1	Introduction	1352
12.4.2	Nomenclature	1353
12.4.3	Description mathématique	1354
13.	Calcul des indicateurs	1355
13.1	C_CALC_Sorties du mode Th-B	1355
13.1.1	Introduction	1355
13.1.2	Nomenclature	1356
13.1.3	Description mathématique	1359
13.2	C_CALC_Sorties du mode Th-C	1365
13.2.1	Introduction	1365
13.2.2	Nomenclature	1366
13.2.3	Description mathématique	1371
13.3	C_Sn_Methode_Th_C_Forfait de consommations de refroidissement	1379
13.3.1	Introduction	1379
13.3.2	Nomenclature du modèle	1381
13.3.3	Description mathématique	1383
13.4	C_Calc_Bilans_Energies_Consommees_et_importées	1386
13.4.1	Introduction	1386
13.4.2	Nomenclature	1386
13.4.3	Description mathématique	1389
13.5	C_BAT_Confort_d'été.....	1396
13.5.1	Introduction	1396
13.5.2	Nomenclature	1397
13.5.3	Description mathématique	1399
13.6	C_CALC_Indicateurs pédagogiques en fonction du nombre d'occupants	1404
13.6.1	Introduction	1404
13.6.2	Nomenclature	1404
13.6.3	Description mathématique	1405
14.	GLOSSAIRE	1407
15.	SCENARIOS CONVENTIONNELS	1409
16.	INTEGRATION DES TITRES V « SYSTEME » RT2012 EN RE2020	1410
16.1	C_BAT_Fenetres parietodynamiques Ridoret	1410
16.1.1	INTRODUCTION	1410
16.1.2	CHAMP D'APPLICATION	1410
16.1.3	DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE	1410
16.2	C_GEN_Conduit echangeur Poujoulat sur appareil indépendant de chauffage à bois	1417
16.2.1	INTRODUCTION	1417
16.2.2	CHAMP D'APPLICATION	1418
16.2.3	DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE	1419
16.3	C_GEN_PAC_Triple service air-eau/air T.One Aldes et Triple C Hitachi	1429
16.3.1	INTRODUCTION	1429
16.3.2	CHAMP D'APPLICATION	1429

16.3.3	DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE	1429
16.4	FA_PAC_hybrides electriques gaz	1430
16.4.1	INTRODUCTION	1430
16.4.2	CHAMP D'APPLICATION	1430
16.4.3	DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE	1431
16.4.4	EXEMPLE D'APPLICATION	1434
16.5	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec_PAC_CO2	1437
16.5.1	INTRODUCTION	1437
16.5.2	CHAMP D'APPLICATION	1438
16.5.3	NOMENCLATURE	1438
16.5.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1443
16.6	Gen_Thermodynamique_Elec_DoubleService_Air_Extraire_Eau_NIBE	1448
16.6.1	INTRODUCTION	1448
16.6.2	DOMAINE D'APPLICATION	1448
16.6.3	NOMENCLATURE	1448
16.6.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1454
16.7	C_Gen_Source_Amont_NIBE	1473
16.7.1	INTRODUCTION	1473
16.7.2	NOMENCLATURE	1473
16.7.3	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1478
16.8	C_Dist_Distribution_Intergroupe_Mixte_MTA	1481
16.8.1	INTRODUCTION	1481
16.8.2	CONFIGURATION N°1 : LES MODULES ECS ET CHAUFFAGE « DIRECT »	1484
16.8.3	CONFIGURATION N°2 : MODULES ECS ET CHAUFFAGE INDIRECT	1501
16.8.4	Circuit primaire	1522
16.9	C_Dist_Distribution_Intergroupe_ECS_MTA	1526
16.9.1	INTRODUCTION	1526
16.9.2	CONFIGURATION N°1 : LES MODULES EAU CHAUDE SANITAIRE SEULE	1527
16.9.3	CIRCUIT PRIMAIRE	1538
16.10	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_heliopac	1542
16.10.1	INTRODUCTION	1542
16.10.2	CHAMP D'APPLICATION	1543
16.10.3	METHODE DE PRISE EN COMPTE	1543
16.11	C_GEN_pompe a chaleur multifonction Acquarevia+	1577
16.11.1	INTRODUCTION	1577
16.11.2	CHAMP D'APPLICATION	1577
16.11.3	NOMENCLATURE	1577
16.11.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1582
16.12	C_GEN_AUER Chauffe eau thermodynamique_Edel Eau	1590
16.12.1	INTRODUCTION	1590
16.12.2	CHAMPS D'APPLICATION	1590
16.12.3	PROCEDURE D'UTILISATION DU SYSTEME	1590
16.12.4	NOMENCLATURE	1593
16.12.5	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1598
16.13	C_GEN_PAC_sur_eaux_grises	1606
16.13.1	DESCRIPTION GENERALE	1606
16.13.2	DOMAINE D'APPLICATION	1606
16.13.3	METHODE DE PRISE EN COMPTE	1607

16.13.4	FICHE ALGORITHME : CALCUL DU VOLUME D'EAUX GRISES AVEC PRISE EN COMPTE DES EAUX DE LAVAGE POUR LE SYSTEME PAC SUR EAUX GRISES TYPE ERS ET FACTEUR 7.....	1607
16.13.5	FICHE ALGORITHME : SOURCE AMONT POUR LE SYSTEME PAC SUR EAUX GRISES AVEC STOCKAGE TYPE ERS ET FACTEUR 7.....	1616
16.13.6	FICHE ALGORITHME : PAC SUR EAUX GRISES TYPE ERS ET FACTEUR 7.....	1633
16.13.7	FICHE ALGORITHME : BALLON BASE PAC FACTEUR 7 ECHANGEUR AS INSTANTANE POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7	1647
16.13.8	FICHE ALGORITHME : GESTION REGULATION BASE BALLON POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7.....	1651
16.13.9	FICHE ALGORITHME : BALLON DE STOCKAGE POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7	1657
16.14	C_GEN_Radiateur numérique Q.rad.....	1663
16.14.1	INTRODUCTION.....	1663
16.14.2	CHAMPS D'APPLICATION.....	1663
16.14.3	NOMENCLATURE	1664
16.14.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1667
16.15	C_GEN_Chaudière numérique et rechauffeur de boucle QB1.....	1671
16.15.1	INTRODUCTION.....	1671
16.15.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1672
16.15.3	CHAUDIERE NUMERIQUE – CHAUFFAGE DE BASE DU BALLON	1673
16.15.4	CHAUDIERE NUMERIQUE - RECHAUFFEUR DE BOUCLE	1675
16.16	C_GEN_Appoint thermodynamique (ECS et double service)	1679
16.16.1	INTRODUCTION.....	1679
16.16.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1681
16.16.3	NOMENCLATURE	1681
16.16.4	DESCRIPTION ALGORITHMIQUE	1687
16.17	C_MTA_AUER_LOGIX	1693
16.17.1	DEFINITION DU SYSTEME	1693
16.17.2	DOMAINE D'APPLICATION	1693
16.17.3	METHODE DE PRISE EN COMPTE DU SYSTEME	1694
16.18	C_VEN_VMC_Thermodynamique_double_flux	1701
16.18.1	INTRODUCTION.....	1701
16.18.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1703
16.18.3	PROCEDURE D'APPLICATION DE LA METHODE.....	1704
16.18.4	METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE : FICHE ALGORITHME POUR LA PARTIE VENTILATION.....	1709
16.18.5	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1716
16.18.6	METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE : OUTIL DE CONVERSION DES RESULTATS D'ESSAIS SELON LA NORME EN 13141-7 POUR UTILISATION DANS LE MOTEUR REGLEMENTAIRE.....	1729
16.19	C_GEN_GECO_PKOM⁴ Classic.....	1736
16.19.1	INTRODUCTION.....	1736
16.19.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1736
16.19.3	NOMENCLATURE	1737
16.19.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1742
16.20	C_GEN_Prechauffage de l'air insufflé dans le bâtiment par systemes SYSTOVI R-Sun, R-VOLT	1758
16.20.1	INTRODUCTION.....	1758
16.20.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1758

16.20.3	NOMENCLATURE	1759
16.20.4	DESCRIPTION ALGORITHMIQUE	1765
16.21	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_YACK_BIONIC.....	1784
16.21.1	INTRODUCTION.....	1784
16.21.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1784
16.21.3	NOMENCLATURE	1785
16.21.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1795
16.22	C_GEN_TWIDO production ECS photovoltaïque.....	1818
16.22.1	INTRODUCTION.....	1818
16.22.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1818
16.22.3	NOMENCLATURE	1819
16.22.4	DESCRIPTION MATHEMATIQUE	1822
16.23	C_GEN_Récupération_de_chaleur_sur_chambres_froides_BOOSTHERM	1825
16.23.1	INTRODUCTION.....	1825
16.23.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1825
16.23.3	NOMENCLATURE	1827
16.23.4	DESCRIPTION ALGORITHMIQUE	1829
16.24	C_GEN_Récupération_de_chaleur_sur_installations_frigorifiques_RIDEL_Energy	1836
16.24.1	INTRODUCTION.....	1836
16.24.2	CHAMP D'APPLICATION.....	1836
16.24.3	NOMENCLATURE	1836
16.24.4	DESCRIPTION ALGORITHMIQUE	1842

1. GENERALITES

1.1 Introduction

La méthode de calcul Th-BCE a pour objet le calcul réglementaire des coefficients B_{bio} , Cep , Cep_{nr} , et DH . Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues.

Cette méthode de calcul utilise comme données d'entrée tous les éléments descriptifs du bâtiment et de ses équipements qui sont définis de façon opposable.

Ces données d'entrée des éléments descriptifs du bâtiment et de ses équipements sont constituées de deux types de paramètres différents :

- Des paramètres dits intrinsèques qui correspondent aux caractéristiques propres du composant,
- Des paramètres dits d'intégration correspondants à la mise en œuvre dans le projet étudié.

Par exemple, le coefficient U d'une baie est un paramètre intrinsèque alors que son orientation est un paramètre d'intégration.

Les éléments apportés après la réception du bâtiment ainsi que les paramètres indépendants du bâtiment intervenant dans la méthode de calcul sont définis de façon conventionnelle.

Le coefficient B_{bio} exprimé en points caractérise l'efficacité énergétique du bâti. Il permet d'apprécier celui-ci par rapport aux besoins de chauffage, de refroidissement et de consommations futures d'éclairage artificiel. Il s'appuie sur la prise en compte des éléments suivants :

- La conception architecturale du bâti (implantation, forme, aires et orientation des baies, accès à l'éclairage naturel des locaux ...),
- Les caractéristiques de l'enveloppe en termes d'isolation, de transmission solaire, de transmission lumineuse, d'ouverture des baies et d'étanchéité à l'air,
- Les caractéristiques d'inertie du bâti.

Le coefficient Cep exprimé en $kWh/(m^2.SREF)$ d'énergie primaire représente les consommations d'énergie de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire, d'auxiliaires et d'éclairage des bâtiments. Ce coefficient Cep ajoute au coefficient B_{bio} l'impact des systèmes énergétiques suivants :

- Systèmes de chauffage et de refroidissement, y compris les auxiliaires,
- Systèmes d'eau chaude sanitaire y compris les auxiliaires,
- Auxiliaires de ventilation (l'impact des débits d'air étant pris en compte dans les consommations des systèmes de chauffage et de refroidissement).
- Systèmes d'éclairage,
- Systèmes de production locale d'énergie, y compris les auxiliaires.

L'indicateur degrés-heures (DH) permet d'évaluer l'inconfort pour les occupants (température opérative du groupe située au-dessus de la température de confort adaptatif).

1.2 Architecture des fiches algorithmes

Cette méthode de calcul contient :

- Pour partie des fiches d'application dont le but est de venir préciser comment appliquer la méthode dans certaines configurations. Elles sont nommées FA_ pour Fiche d'Application.
- Pour partie des fiches algorithmes présentant les éléments codés dans le coeur de calcul

Une fiche algorithme est structurée de la façon suivante :

- Introduction : présentation de l'objet de la fiche
- Nomenclature : liste des variables mentionnées dans la fiche algorithme avec dans l'ordre leur nom, une description littérale, l'unité, la plage d'évolution possible du paramètre et enfin, le cas échéant la valeur conventionnelle du paramètre.

Ces variables sont distinguées par types :

- Des entrées du composant (ce sont des variables provenant d'autres fiches algorithmes)
- Des paramètres pour lesquels on distingue ceux dits intrinsèques qui correspondent aux caractéristiques propres du composant de ceux dits d'intégration correspondants à la mise en œuvre dans le projet étudié (Par exemple, le coefficient U d'une baie est un paramètre intrinsèque, indépendant du bâtiment dans lequel elle est placée alors que son orientation est un paramètre d'intégration, dépendant de l'emplacement de la baie dans le bâtiment)
- Des variables internes (utilisées uniquement dans la fiche algorithme où elles sont mentionnées)
- Des constantes,
- et des sorties qui font le lien avec les autres objets du cœur de calcul,
- Description mathématique : Une description mathématique des algorithmes, faisant appel aux variables définies dans la nomenclature

1.3 Divers

1.3.1 REGLE D'ARRONDIS

Les résultats de calculs, intermédiaires ou finaux, doivent être fournis arrondis avec un chiffre après la virgule.

1.3.2 SURFACES UTILISEES DANS LE CALCUL

Certains calculs et l'expression de nombreux indicateurs requièrent l'utilisation de surfaces de référence. $SREF^{bat}$ correspond donc à la surface de référence du bâtiment. Elle est une donnée nécessaire au calcul de la performance énergétique.

Selon l'usage du bâtiment, elle va prendre la valeur de :

- La surface habitable S_{hab} pour les bâtiments résidentiels (usage maison individuelle et logement collectif)
- La surface utile S_U pour les autres bâtiments.

Pour différencier ces surfaces selon le niveau de description du bâtiment (groupe, zone, bâtiment) auquel on se réfère, on trouve en exposant le niveau (ex. $SREF^{gr}$ $SREF^{zn}$ $SREF^{bat}$).

2. LES PRINCIPALES DONNEES CONVENTIONNELLES

2.1 LES DONNEES CONVENTIONNELLES D'OCCUPATION ET D'USAGE

Les conditions d'occupation des bâtiments sont définies de façon conventionnelle puisqu'elles ne peuvent être vérifiées sur la base des caractéristiques du bâtiment et de ses équipements énergétiques.

Afin de se rapprocher des données « moyennes », cette méthode de calcul prend en compte la destination des locaux du bâtiment de manière générale (résidentiel, enseignement, bureau...) et de manière plus précise au niveau des différents locaux (salle de réunion, circulations...). Cela signifie que des scénarios conventionnels sont définis au niveau de la zone et d'autres au niveau du local.

Ces données sont décrites sous forme de scénarios temporels horaires. Elles représentent les usages et comportements moyens des occupants d'un bâtiment. L'unité de base est la semaine, avec des modifications liées aux périodes de vacances. Cette méthode de calcul prévoit par exemple pour les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs une absence des occupants pendant une semaine au mois de décembre.

Les données relatives à l'occupation sont en temps légal. Le temps légal est le temps en usage en France, il est égal au temps solaire avec une heure de plus en hiver et deux heures de plus en été. Cette méthode de calcul gère le passage de l'un à l'autre.

2.1.1 LES SCENARIOS CONVENTIONNELS

2.1.1.1 Scénarios conventionnels définis au niveau de la zone

Les scénarios conventionnels définis au niveau de la zone sont les suivants :

- **Les scénarios de présence** qui indiquent si la zone est ou non occupée. A cette occupation sont liées des températures de consigne en chauffage et en refroidissement, basées sur le réglage par les occupants du thermostat pour les périodes d'occupation, et du gestionnaire (ou d'un système de programmation) pour les périodes d'inoccupation.

Ci-dessous une représentation des températures de consigne dans les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs (chauffage et refroidissement) un jour de semaine. Ces scénarios sont différents le mercredi (présence des occupants l'après-midi) et le week-end (présence continue des occupants).



Figure 1 – Evolution des températures de consigne en chauffage et refroidissement pour l'usage maison individuelle (le lundi)

- **Les scénarios de ventilation** (nécessité ou pas de ventilation pour les occupants), proches des précédents, mais qui permettent une remise en route de la ventilation avant l'occupation, conformément aux réglementations en vigueur pour les usages autres que d'habitation.
- **Les scénarios d'éclairage** (nécessité ou pas d'éclairage artificiel) qui sont basés sur les scénarios de présence en prenant en compte les périodes de sommeil.

Pour ce qui concerne les usages maison individuelle ou accolée et logements collectifs et les chambres des usages : enseignement secondaire (partie nuit), établissements sanitaires avec hébergement et hôtel (partie nuit), le système d'éclairage est entièrement conventionnel. Cela signifie que l'impact sur les consommations énergétiques ne résulte donc que des caractéristiques des baies.

Ci-dessous une représentation de la présence d'éclairage artificiel pour les usages « maisons individuelles ou accolées » et « logements collectifs » sur une journée. Cela ne signifie pas que la méthode prend en compte systématiquement une consommation énergétique d'éclairage durant ces heures. Une consommation énergétique est calculée uniquement lorsque l'éclairement naturel est insuffisant.

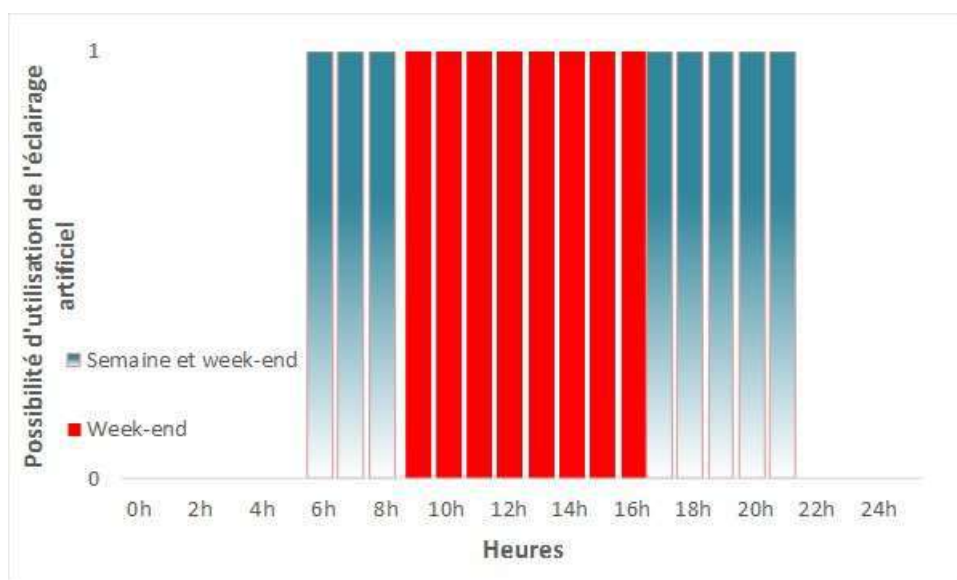


Figure 2 – Horaires d'utilisation possible de l'éclairage artificiel en logement

Les besoins d'eau chaude sanitaire, qui répartissent en profils horaires le besoin hebdomadaire exprimé en litres d'eau à 40 °C qui correspond à la température moyenne d'utilisation finale.

En ce qui concerne les usages autres que « maison individuelle ou accolée » et « logements collectifs », ces besoins sont calculés en fonction du nombre d'équipements (par exemple le nombre de chambres pour un hôtel).

Pour les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs, ces besoins sont calculés en fonction de la densité d'occupation conventionnelle. Ce besoin d'eau chaude sanitaire est pris égal à 392 litres à 40°C/adulte/semaine en moyenne. Il est modulé suivant les périodes d'occupation/inoccupation et la période de l'année (été/hiver et périodes de vacances).

Ces besoins sont exprimés par unité de surface. C'est la raison pour laquelle, en ce qui concerne les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs, le besoin hebdomadaire est calculé en reliant la densité d'occupation à la surface habitable.

Afin de prendre en compte le fait que les enfants possèdent une demande en eau chaude inférieure à celle des adultes, la notion de nombre d'adultes équivalents a été introduite.

Les résultats obtenus sont illustrés par le graphe suivant pour les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs :

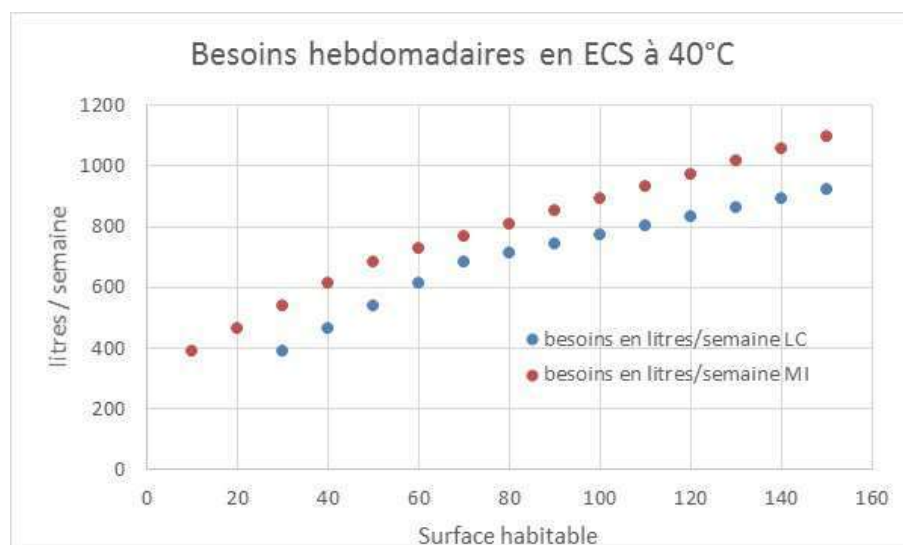


Figure 3 – Evolution des besoins d'eau chaude sanitaire hebdomadaires en fonction de la surface du logement

Ci-dessous une représentation de la répartition du besoin d'eau chaude sanitaire sur une journée dans une maison individuelle de 90 m² habitable.

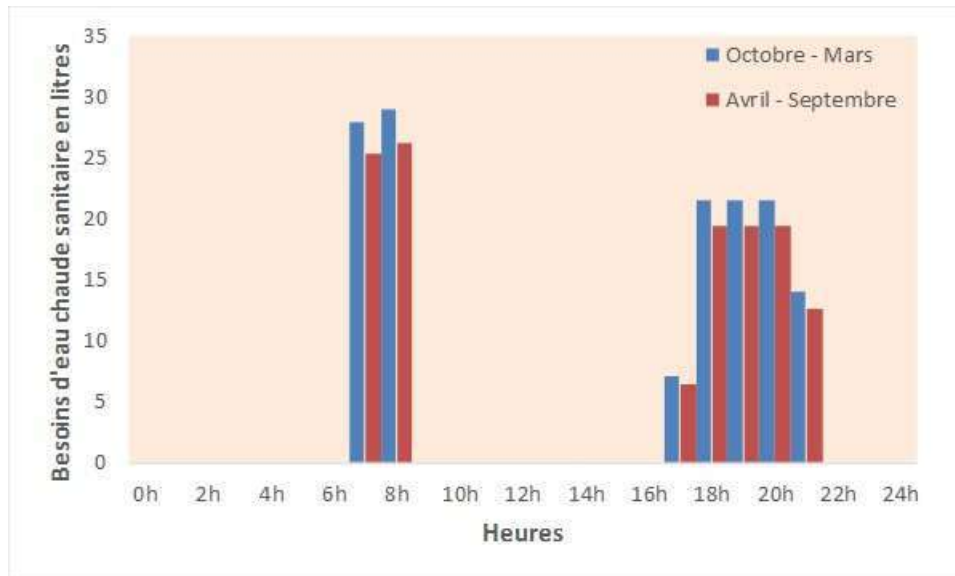


Figure 4 – Evolution des besoins d'eau chaude sanitaire dans une maison de 90m² sur une journée

2.1.1.2 Scénarios conventionnels définis au niveau des locaux

Les scénarios conventionnels définis au niveau des locaux sont les suivants :

- **Apports internes de chaleur** liés à la présence humaine qui dépendent du nombre d'occupants du bâtiment et des scénarios de présence. Cette méthode de calcul prend en compte le fait que, dans les « maisons individuelles ou accolées » et les « logements collectifs », les apports soient différents pour les adultes et les enfants, et, pour les deux, plus faibles durant la période de sommeil en introduisant également la notion du nombre d'adultes équivalents. En ce qui concerne les autres usages, suivant le type de bâtiments, le taux d'occupation (nombre de personnes par m²) est déterminé conventionnellement par cette méthode de calcul, ce qui permet d'en déduire directement les niveaux d'apports internes de chaleur.

Cette méthode de calcul considère conventionnellement que le corps d'un adulte au repos dégage une puissance de 90 W et celui d'un adulte en période de sommeil dégage 63 W.

Ci-dessous une représentation des niveaux d'apports internes dus à la présence humaine sur une journée dans une maison individuelle de 90 m² habitable.

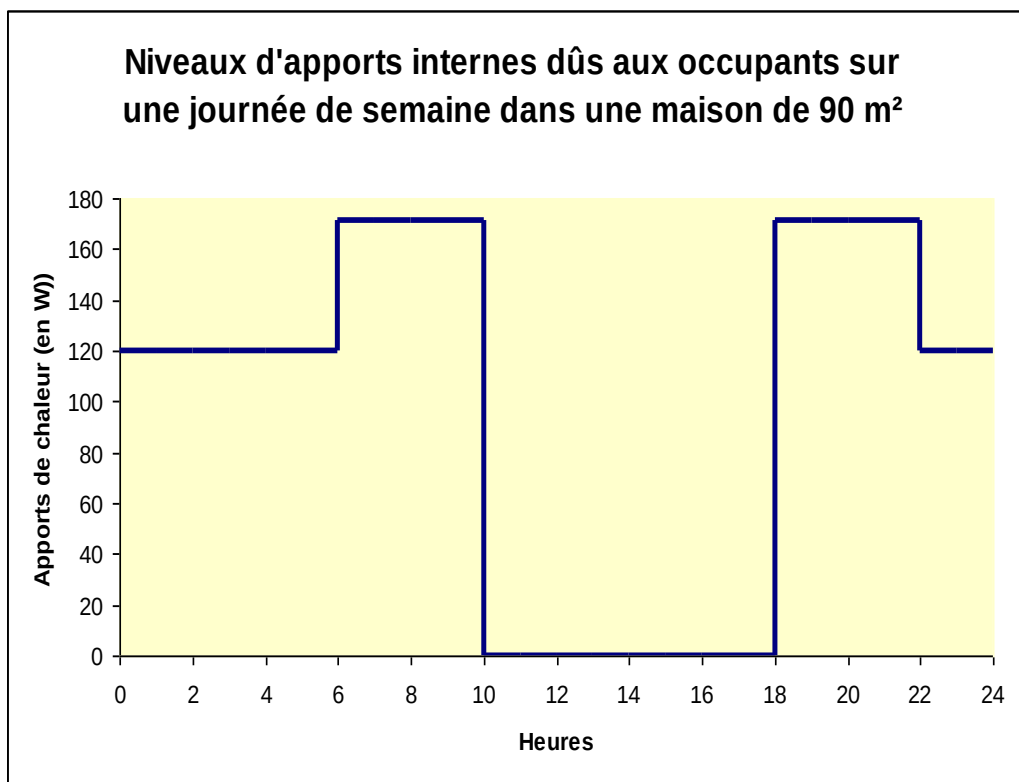


Figure 5 – Evolution des apports internes de chaleur liés aux occupants sur une journée de semaine dans une maison de 90m²

- **Apports internes d'humidité liés à la présence humaine** qui dépendent du nombre d'occupants du bâtiment et des scénarios de présence. Cette méthode de calcul prend en compte le fait que, dans les « maisons individuelles ou accolées » et « les logements collectifs », les apports soient différents pour les adultes et les enfants, et, pour les deux, plus faibles durant la période de sommeil en introduisant également la notion du nombre d'adultes équivalents. En ce qui concerne les autres usages, suivant le type de bâtiments, le taux d'occupation (nombre de personnes par m²) est déterminé conventionnellement par cette méthode de calcul, ce qui permet d'en déduire directement les niveaux d'apports internes d'humidité.

Cette méthode de calcul considère conventionnellement que le corps d'un adulte au repos dégage une humidité de 0.055 kg/heure et celui d'un adulte en période de sommeil dégage 0.0385 kg/heure.

- **Apports internes de chaleur dus aux équipements** qui représentent la chaleur dégagée par l'ensemble des équipements « mobiliers » (électroménagers, ordinateurs ...) qui ont un impact important sur les besoins énergétiques de chaleur et de refroidissement. Ces apports internes dépendent du taux d'équipement des bâtiments. Cette méthode de calcul distingue les apports internes de chaleur liés aux équipements en fonctionnement permanent et ceux liés aux équipements qui fonctionnent uniquement lors des périodes de présence des occupants.

En ce qui concerne les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs, conventionnellement, la puissance de chaleur dégagée par l'ensemble des équipements en occupation est prise égale à 5,7 W/m² et celle dégagée par les équipements en période de sommeil et en inoccupation est prise égale à 1,1 W/m². Cette puissance moyenne a été définie en prenant en compte la présence des équipements suivants :

Equipements pris en compte	Apports internes de chaleur en kWh/(m ² .an)
Cuisson	3,7
Audiovisuel	6,8
Informatique	5,0
Lavage	0,6
Froid (fonctionnement continu)	8,0
Appareils ménagers	2,2
Total	26.3

En ce qui concerne les autres usages, chaque catégorie de bâtiment possède son propre taux d'équipement donc des niveaux d'apports internes de chaleur définis séparément et de façon conventionnelle également.

Ci-dessous une représentation des niveaux d'apports internes dus aux divers équipements présents dans une maison individuelle de 90 m² habitable sur une journée.

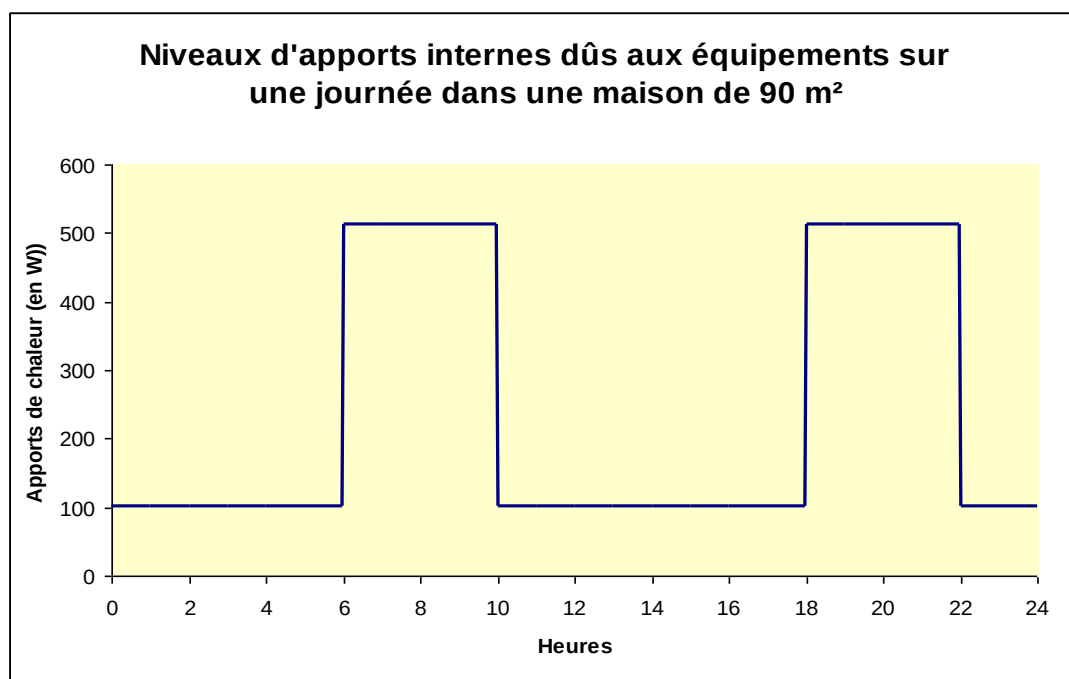


Figure 6 – Evolution des apports internes dus aux équipements sur une journée de semaine dans une maison de 90m²

- **Apports internes d'humidité dus aux équipements** qui représentent l'humidité dégagée par l'ensemble des équipements « mobiliers » (électroménagers, ordinateurs ...) qui ont un impact sur l'efficacité énergétique de certains équipements de refroidissement. Ces apports internes dépendent du taux d'équipement des bâtiments. Conventionnellement, les bâtiments à usage d'habitation ont des apports internes d'humidité nuls. En ce qui concerne les bâtiments à usage autre que d'habitation, ces apports internes sont dépendants du type de bâtiments et des périodes d'occupation/inoccupation.

2.1.1.3 *Synthèse des scénarios*

Zone	Plage d'occupation /zone - Horaire chauffage/refroidissement	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du groupe	Nombre occupants nominal /m² utile par local	Apports internes de chaleur liés aux équipements en période d'occupation (hors éclairage) W/m² utile	Apports internes de chaleur liés aux équipements hors période d'occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C (L/m² de surface utile)
		confort	réduit court	réduit long	confort	réduit court	réduit long								
1. Maisons individuelles ou accollées	Lun - Mar et Jeu - Ven : 0h-9h et 17h-0h Mer : 0h-9h et 13h-0h Sam - Dim : 24h/24 Inoccupé 1 semaine en décembre	19	16	16	26	30	30	Lun - Mar et Jeu - Ven : 6h-9h et 17h-22h Mer : 6h-9h et 13h-22h Sam - Dim : 6h - 22h Arrêt 1 semaine en décembre	24h/24, 7j/7, 52s/an	Maison individuelle	1	Voir fiche algo	5,7	1,14	Voir fiche algo
2. Logements collectifs	Lun - Mar et Jeu - Ven : 0h-9h et 17h-0h	19	16	16	26	30	30	Lun - Mar et Jeu - Ven : 6h-9h et 17h-22h	24h/24, 7j/7, 52s/an	Logements Circulation	0,9 0,1	Voir fiche algo	5,7 0	1,14 0	Voir fiche algo
3. Bureaux	Lun - Ven : 8h-18h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard Salle de réunion Circulation Accueil Sanitaires collectifs	0,6047 0,1047 0,2558 0,0348	0,1 0,42 0 0	16 10 0 0	1,7776 0 0 0	1,25
4. Enseignement primaire	Lun - Ven : 8h-17h Inoccupé en vacances scolaires hors été Juillet-août : occupé à 50%	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard Circulation Accueil Salle de classe Salle de réunion Salle de repos Sanitaires vestiaires	0,1 0,1 0,55 0,05 0,15 0,05	0,067 0 0,66 0,42 0,66 0	16 0 0 10 0 0	1,7776 0 0 0 0 0	0,2
5. Enseignement secondaire	Lun - Ven : 8h-18h Sam : 8h-12h Inoccupé en vacances scolaires hors été Juillet-août : occupé à 50%	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard Circulation Accueil Salle de classe Salle de réunion Centre de documentation Salle des professeurs Salle d'enseignement informatique Salle de conférence Salle polyvalente Sanitaires collectifs	0,1 0,2 0,25 0,1 0,05 0,05 0,15 0,05	0,1 0 0,67 0,42 0,1 0,67 0,335 0,33 0	16 0 0 10 5 0 25,795 10 0	1,7776 0 0 0 0,5555 0 2,8658245 0	0,2
6. Médiathèques et bibliothèques	Lun - Jeu : 9h-12h et 14h-19h Ven : 9h-12h et 14h-23h Sam : 9h-12h Inoccupé 1 semaine en décembre	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation accueil Bureau standard Sanitaires collectifs Local service Salle de réunion Centre de documentation Salle multi-fonctions	0,1 0,05 0,05 0,05 0,1 0,6 0,05	0 0,1 0 0 0,42 0,1 0,26	0 16 0 0 10 5 10	0 1,7776 0 0 0 0,555 0	0,2
7. Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	Lun - Ven : 7h-19h Sam : 7h-12h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard Circulation Accueil Salle de classe Centre de documentation Salle de conférence Amphithéâtre Salle d'enseignement informatique Salle de réunion Sanitaires collectifs Local service	0,1 0,15 0,25 0,05 0,15 0,05 0,05 0,05 0,15	0,1 0 0,67 0,1 0,33 0,335 0,42 0 0	16 0 0,5 5 10 25,795 10 0 0	1,7776 0 0 0,5555 0 2,863245 0 0	0,2
8. Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	Lun - Dim : 0h-9h et 18-0h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation Accueil Chambre sans cuisine avec salle de bain Sanitaires collectifs Local service	0,233 0,728 0,007 0,032	0 0,05 0 0	0 4 0 0	0 0,6 0 0	22,873
9. Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	Lun - Dim : 0h-9h et 18-0h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation Accueil Chambre sans cuisine avec salle de bain Sanitaires collectifs Local service	0,233 0,728 0,007 0,032	0 0,0375 0 0	0 4,625 0 0	0 1,5725 0 0	18,98
10. Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	Lun - Dim : 6h-20h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard Circulation Accueil Sanitaires collectifs Salle petits déjeuners	0,1161 0,4308 0,0512 0,4019	0,067 0 0 0,5	16 0 0 88,8	1,7776 0 0 8,88	5,694
11. Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	Lun - Dim : 6h-20h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard Circulation Accueil Sanitaires collectifs Salle petits déjeuners Salle de séminaires réunion Bar	0,105 0,173 0,037 0,17 0,4276 0,0874	0,067 0 0 0,5 0,42 0,1	16 0 0 44,3 10 34,4	1,7776 0 0 4,43 0 4,128	4,76

Zone	Plage d'occupation /zone - Horaire chauffage/refroidissement	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du groupe	Nombre occupants nominal /m² utile par local	Apports internes de chaleur liés aux équipements en période d'occupation (hors éclairage) W/m² utile	Apports internes de chaleur liés aux équipements hors période d'occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C (L/m² de surface utile)
		confort	réduit court	réduit long	confort	réduit court	réduit long								
12. Etablissements d'accueil de la petite enfance	Lun - Ven : 7h-19h 52s/an	21	18	7	26	30	30	Lun - Ven : 6h-18h 52s/an	Idem éclairage	Bureau standard	0,15	0,067	16	1,77776	0,714
										Circulation Accueil	0,15	0	0	0	
										Salle de réunion	0,1	0,42	10	0	
										Salle de jeux	0,3	0,25	0	0	
										Salle de repos	0,2	0,66	0	0	
										Sanitaires vestiaires	0,1	0	0	0	
13. Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	Lun - Dim : 6h-0h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Lun - Dim : 5h-0h 52s/an	Idem éclairage	Salle restaurant	0,7	0,59	0	0	19,5
										Cuisine	0,2	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
14. Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	Lun - Ven : 9h-15h Inoccupé 1 semaine en décembre	19	16	7	26	30	30	Lun - Ven : 8h-14h Arrêt 1 semaine en décembre	Idem éclairage	Salle restaurant	0,7	0,77	0	0	2,2
										Cuisine	0,2	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
15. Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	Lun - Dim : 10h-15h et 17h-23h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Lun - Dim : 8h-14h et 16h-22h 52s/an	Idem éclairage	Salle restaurant	0,7	0,59	0	0	5,3
										Cuisine	0,2	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
16. Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	Lun - Sam : 10h-15h et 17h-23h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Lun - Sam : 9h-14h et 16h-22h 52s/an	Idem éclairage	Salle restaurant	0,7	0,59	0	0	19,5
										Cuisine	0,2	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
17. Commerces	Lun - Sam : 7h-22h 52s/an	19	16	7	26	30	30	Lun - Sam : 6h-21h 52s/an	Idem éclairage	Sanitaires collectifs	0,01	0	0	0	0,24
										Douches collectives	0,01	0	0	0	
										Aire de vente (supérieure à 300m²)	0,25	0,15	8	0	
										Aire de vente (inférieure à 300m²)	0,4	0,25	8	0	
										Circulation Accueil	0,28	0,2	8	0	
										Local service	0,05	0	0	0	
18. Vestiaires	Lun - Sam : 8h-21h Dim : 8h-18h Inoccupé 1 semaine en décembre	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Douches collectives	0,3	0	0	0	79
										Sanitaires vestiaires	0,5	0,1	0	0	
										Circulation Accueil	0,2	0	0	0	
19. Etablissements sanitaires avec hébergement	Lun - Dim : 24h/24 52s/an	21	18	7	26	30	30	Lun - Dim : 5h-21h 52s/an	Idem occupation	Bureau standard	0,1	0,1	16	1,77776	2,8
										Circulation Accueil	0,15	0	0	0	
										Chambre sans cuisine avec salle de bain	0,5	0,063	6,8	1,02	
										Sanitaires collectifs	0,05	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
										Salle commune	0,1	0,1	6	0	
20. Etablissements de santé (partie nuit)	Lun - Dim : 24h/24 52s/an	21	18	7	26	30	30	Lun - Dim : 5h-21h (réduit sinon) 52s/an	Idem occupation	Chambre sans cuisine avec salle de bain	0,2	0,08	6,8	1,02	1,68
										Douches collectives	0,05	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	0,05	0	0	0	
										Circulation Accueil	0,15	0	0	0	
										Locaux soins et offices	0,2	0,06	0	0	
										Bureau standard	0,15	0,57	16	1,7776	
										Aire de production	0,05	0,14	5	5	
										Salle d'attente et de consultation (urgences)	0,15	0,4	0	0	
21. Etablissements de santé (partie jour)	Lun - Sam : 7h-18h 52s/an	21	18	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle de réunion	0,15	0,42	10	0	25,2
										Douches collectives	0,05	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	0,05	0	0	0	
										Circulation Accueil	0,25	0	0	0	
										Bureau standard	0,2	0,57	16	1,7776	
										Aire de production	0,05	0,14	5	0	
										Salle d'attente et de consultation	0,25	0,4	0	0	
22. Aéroports	Lun - Dim : 6h-0h 52s/an	19	16	16	26	30	30	Lun - Dim : 5h-0h 52s/an	Idem éclairage	Espace voyageurs	0,42	0,25	5	0	0,24
										Circulation Accueil	0,179	0,08	2	0	
										Commerces	0,109	0,12	5	0	
										Bureau standard	0,143	0,1	16	1,77776	
										Sanitaires vestiaires	0,105	0,2	0	0	
										Inspection filtrage	0,043	0,33	10	0	
23. Industries ou artisans 3x8h	Lun - Dim : 24h/24 52s/an (dernière semaine de l'année occupée à 50 %)	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	0,1	0,1	16	1,77776	0,24
										Aire de production	0,6	0,14	2	2	
										Circulation Accueil	0,1	0	0	0	
										Sanitaires vestiaires	0,05	0	0	0	
										Douches collectives	0,05	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
24. Industries ou artisans 8h à 18h	Lun - Ven : 8h-18h 52s/an (dernière semaine de l'année occupée à 50 %)	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	0,1	0,1	16	1,77776	0,24
										Aire de production	0,6	0,14	2	0	
										Circulation Accueil	0,1	0	0	0	
										Sanitaires vestiaires	0,05	0	0	0	
										Douches collectives	0,05	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	

Zone	Plage d'occupation /zone - Horaire chauffage/refroidissement	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du groupe	Nombre occupants nominal /m² utile par local	Apports internes de chaleur liés aux équipements en période d'occupation (hors éclairage) W/m² utile	Apports internes de chaleur liés aux équipements hors période d'occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C (L/m² de surface utile)
		confort	réduit court	réduit long	confort	réduit court	réduit long								
25. Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	Lun - Sam : 8h-21h Dim : 8h-18h Inoccupé 1 semaine en décembre	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation Accueil	0,1	0	0	0	13,2
										Salle de sport	0,65	0,1	0	0	
										Local service	0,05	0	0	0	
										Sanitaires vestiaires	0,15	0,1	0	0	
										Douches collectives	0,05	0	0	0	
26. Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	Lun - Ven : 9h-15h Inoccupé en vacances scolaires	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle restaurant	0,7	0,77	0	0	4,5
										Cuisine	0,2	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
27. Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	Lun - Ven : 6h-15h et 16h-20h Inoccupé en vacances scolaires	19	16	7	26	30	30	Lun - Ven : 5h-14h et 15h-19h Inoccupé en vacances scolaires	Idem éclairage	Salle restaurant	0,7	0,77	0	0	9,8
										Cuisine	0,2	0	0	0	
										Local service	0,1	0	0	0	
28. Etablissements sportifs privés	Lun - Sam : 8h-21h Dim : 8h-18h Inoccupé 1 semaine en décembre	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation Accueil	0,1	0	0	0	33,9
										Salle de sport	0,65	0,1	0	0	
										Local service	0,05	0	0	0	
										Sanitaires vestiaires	0,15	0,1	0	0	
										Douches collectives	0,05	0	0	0	

Le détail de ces scénarios est décrit dans le §15 de la présente annexe.

2.1.2 LES AUTRES CONVENTIONS D'USAGE

En parallèle aux scénarios décrits ci-avant, certains aspects de l'impact de l'occupant sont directement intégrés dans cette méthode de calcul. Pour certains cas ces actions manuelles sont mises en relation avec les automatismes correspondant aux mêmes actions.

Ces autres conventions sont détaillées dans le §2.2.1 de l'annexe II du présent arrêté.

DESCRIPTION DE LA METHODE DE CALCUL - FICHES ALGORITHME DES COMPOSANTS ET DES ASSEMBLAGES

3. METEO ET ENVIRONNEMENT EXTERIEUR

3.1 C_EEX_Climat exterieur

3.1.1 INTRODUCTION

La présente fiche a pour objet de mettre à disposition du moteur de calcul les données météorologiques d'entrée nécessaires au calcul réglementaire.

La procédure décrite ici vise à attribuer à chaque pas de temps les données météorologiques relatives à chaque projet en fonction :

- Du département
- De l'altitude

Une fois ces informations renseignées, la procédure permet d'attribuer à chaque pas de temps :

- Les données relatives au temps
- la température extérieure de l'air sec et son humidité,
- les données solaires (position du soleil, rayonnement direct normal et diffus horizontal)
- les données d'éclairement
- la donnée de rayonnement froid vers la voute céleste,
- le poids d'eau,
- la vitesse du vent
- la direction du vent.

3.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
Htsm	Heure pour le calcul annuel (UTC+1)					
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
Htsmd	heure de début du pas de temps en UTC		0	8759	-	
Htsmf	heure de fin du pas de temps en temps UTC		1	8760	-	
Jour_mois	Le jour du mois		1	31	-	
jsem	Numéro du jour de la semaine, 1 correspond au lundi		1	7	-	
EHLO	Nombre d'heure de décalage entre l'heure légale et l'heure UTC		1	2	-	
IHJ	L'heure du jour		1	24	-	
IHS	L'heure de la semaine		1	168	-	
ISEM	Le numéro de la semaine		1	52	-	
IMOIS	Le numéro du mois		1	12	-	
Jourannée	Le numéro du jour de l'année		1	365	-	
Te0	Température extérieure d'air sec au niveau de la mer	°C	-20	50	-	
Hr0	Humidité relative	%	0	100	-	
we0	Poids d'eau au niveau de la mer	g/kg as	0	25	-	
RdirnDn	Rayonnement direct normal au rayonnement solaire	W/m²	0	1370	-	
Rdiff	Rayonnement diffus horizontal	W/m²	0	1370	-	
Teciel	Température du ciel	°C	-	-	-	
dTeci	différence température du ciel – température d'air	K	-	-	-	
Vent	La vitesse du vent à 10 m de hauteur	m/s	0	-	-	
dirVent	Direction du vent	deg	-	-	-	
☐	Hauteur du soleil	rd	0	☐	-	
☐	Orientation du soleil par rapport au sud (lever négatif)	rd	☐	☐	-	
Lat	Latitude	deg	-	-	-	
Long	Longitude	deg	-	-	-	
Teau0	Température d'alimentation en ECS à l'altitude zéro	°C	-	-	-	
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
département	Numéro du département		1	95	-	
Alt	Altitude du projet	m	0	-	-	
Dmer	Distance à la mer	km	0	-	-	
Durb	Distance à l'îlot urbain	km	0	-	-	
☐ Mode	Mode de calcul (0-Th-B / 4-Th-D (nouvel indicateur) / 5-Th-BCD)	-	0	5	-	
Sorties						

	Nom	Description	Unité
	Htsmd	heure de début du pas de temps en temps UTC	
	Htsmf	heure de fin du pas de temps en temps UTC	
	Jour_mois	Le jour du mois	
	jsem	Numéro du jour de la semaine, 1 correspond au lundi	
	EHLO	Nombre d'heure de décalage entre l'heure légale et l'heure UTC	
	IHJ	L'heure du jour en temps UTC	
	IHS	L'heure de la semaine	
	ISEM	Le numéro de la semaine	
	IMOIS	Le numéro du mois	
	Jour_année	Le numéro du jour de l'année	
	Te	Température extérieure d'air sec pour le site	°C
	we	Poids d'eau pour le site	kg/kg as
	I _{Dn}	Rayonnement direct normal au rayonnement solaire	W/m ²
	I _{di}	Rayonnement diffus horizontal	W/m ²
	Te _{ciel}	Température du ciel	K
	Vent	La vitesse du vent à 10 m de hauteur	m/s
	dirVent	direction du vent	deg
	□	Hauteur angulaire du soleil au dessus de l'horizon	radian
	□	Angle horaire du soleil avec le midi pour origine, sens horaire (négatif au lever, positif au coucher)	radian
	Lat	Latitude	deg
	Long	Longitude	deg
	Teau	Température d'alimentation en ECS	°C
	E _{Dn}	Eclairement normal au rayonnement	Lux
	E _{di}	Eclairement diffus horizontal	Lux
	Hleg	Heure légale	h
	□base_ext	Température extérieure de base (corrigée par l'altitude)	°C
Confort	I _{Sconf_adapt}	Indicateur de période de confort adaptatif	-
	(h)	0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	
	θ _{m(j)}	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	□base_ext_0	Température de base pour le département associé à l'altitude 0m.	°C
	Pvs	Pression de vapeur saturante	hpa
	θ _{m(j-1)}	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j-1.	°C
	θ _{ei,moy(j)}	Température moyenne extérieure journalière valable au jour j (calculée sur l'ensemble des températures horaires du jour j-1).	°C
	Premier_jour	Premier jour et dernier jour de la période de confort adaptatif	j 0 365
	Dernier_jour		j 0 365

premier_	Variable booléenne permettant de stopper l'algorithme itératif de calcul du premier jour et du dernier jour de la période de confort adaptatif	-	-	-
trouvé				
dernier_t		-	-	-
rouvé				
Constantes				
Nom	Description	Unité	Conv.	
P	Pression atmosphérique	hpa	1013	

Tableau 1 : Nomenclature du modèle

3.1.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Les données de sortie de même nom que les données d'entrée ont la même valeur.

Pour les autres données de sortie, les calculs sont les suivants

Calcul de la température de base extérieure

En fonction du département il est affecté une température de base à chaque département selon le tableau suivant :

Département	Température de base $\theta_{base\_ex\_0}$
01, 02, 03, 05, 08, 10, 14, 15, 19, 21, 23, 25, 27, 28, 38, 39, 42, 43, 45, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95.	-9
04, 07, 09, 12, 16, 17, 18, 22, 24, 26, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 56, 64, 65, 72, 79, 82, 81, 84, 85, 86.	-6
06, 11, 13, 2A, 2B, 30, 34, 66, 83	-3

La température de base est constante pour toute la simulation. Elle fait également l'objet d'une correction d'altitude.

Calcul de l'heure légale

Il est bien entendu que cette heure doit être strictement inférieure à 24h.

En hiver, le décalage est d'une heure. Lorsque l'heure solaire est de 12h alors l'heure légale est de 13h. L'heure solaire de 23 à 0 de la veille est donc l'heure légale de 0 à 1h du jour.

En été, le décalage est de deux heures. Lorsque l'heure solaire est de 12h l'heure légale est de 14 heures. L'heure solaire de 22 à 23h la veille est donc l'heure légale de 0 à 1h du jour et l'heure solaire de 23 à 0h de la veille est l'heure légale du jour de 1h à 2h.

$$H_{leg} = Ihj + EHLO$$

Correction d'altitude.

La correction d'altitude se fait en appliquant les formules suivantes :

$$\theta_{base\_ext} = \theta_{base\_ext\_0} - 0.005 * alt_{corr}$$

$$Te = Te0 - 0.005 * alt_{corr}$$

$$we = (we0 - 0.0025 * alt_{corr}) / 1000$$

$$Teau = Teau0 - 0.005 * alt_{corr}$$

Le paramètre alt_{corr} prend les valeurs suivantes :

- Si l'altitude est inférieure ou égale à 400m, le site est considéré à 100m et $alt_{corr} = 100m$.
- Si l'altitude est comprise entre 400m et 800m inclus, le site est considéré à 500m, $alt_{corr} = 500m$.
- Si l'altitude est supérieure à 800m, le site est considéré à 900m, $alt_{corr} = 900m$.

Calcul des données E_{Dn} et E_{di}

$$E_{Dn} = I_{Dn} * (-1.03753210E-08x\gamma^6 + 2.90312257E-06x\gamma^5 - 3.31804423E-04x\gamma^4 + 1.99283162E-02x\gamma^3 - 6.72171072E-01x\gamma^2 + 1.24650445E+01x\gamma + 2.38954889E+00)$$

$$\text{Si } I_{Dn} < 1 \text{ W/m}^2 \quad E_{di} = 124 \text{ Idi}$$

$$\text{Si } I_{Dn} > 120 \text{ W/m}^2 \quad E_{di} = 128 \text{ Idi}$$

$$\text{Sinon} \quad E_{di} = 116 \text{ Idi}$$

Détermination de la période de confort adaptatif

Dans un premier temps, on calcule $\theta_{rm}(j)$, la moyenne glissante au jour j de la température extérieure. Cette moyenne est calculée au premier pas de temps du jour j (h tel que $IHJ=1$) et reprise pour l'ensemble des autres pas de temps du jour.

Si $IHJ = 1$,

$$\theta_{rm}(j) = 0$$

Sinon,

$$\theta_{ei,moy}(j) = \frac{\sum_{j-1} T_e(h)}{24} \quad (1)$$

$$\theta_{rm}(j) = 0.8 \times \theta_{rm}(j-1) + 0.2 \times \theta_{ei,moy}(j)$$

Le bâtiment est en « période de confort adaptatif » lorsque la température limite d'inconfort chaud est supérieure à la température de consigne de refroidissement, ce qui équivaut aux jours où la $\theta_{rm}(j)$ est supérieure à 16°C. L'algorithme de calcul est le suivant :

Recherche du premier jour

$$j = 0$$

$$premier\_trouvé = faux$$

Si $premier\_trouvé = faux$

$$\text{Si } \theta_{rm}(j) \geq 16^\circ C$$

$$premier\_trouvé = vrai$$

$$premier\_jour = j$$

$$j = j + 1$$

Recherche du dernier jour

$j = 365$

$dernier\_trouvé = faux$

Si $dernier\_trouvé = faux$

 Si $\theta_{rm}(j) \geq 16^{\circ}C$

$dernier\_trouvé = vrai$

$dernier\_jour = j$

$j = j - 1$

Lorsque les jours de début et de fin de période de confort adaptatif sont trouvés,

Si $premier\_jour \leq j \leq dernier\_jour$

$$I_{S_{conf\_adapt}}(h) = 1$$

(2)

Sinon

$$I_{S_{conf\_adapt}}(h) = 0$$

Vitesse du vent

La vitesse de vent $Vent(h)$ est issue du fichier météo

3.2 C_EEX_environnement_proche

3.2.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme concerne le calcul du rayonnement solaire et le calcul de l'éclairement naturel sur une paroi compte tenu de la présence éventuelle de masques, architecturaux ou lointains.

Les masques lointains sont applicables sur l'ensemble des composants parois opaques, ponts thermiques et baies, ainsi les parois d'espace tampon, les capteurs solaires photovoltaïque et les capteurs solaires thermiques, quelles que soient leurs inclinaisons.

Les masques proches ne sont applicables que sur les parois opaques, les ponts thermiques, les baies et les parois vitrées d'espace tampon verticaux (inclinaison égale à 90°).

Les phases du calcul sont les suivantes :

- calcul du rayonnement solaire direct sur la paroi, sans masques,
- calcul du rayonnement solaire diffus sur la paroi, sans masques,
- calcul du rayonnement solaire réfléchi par le sol sur la paroi, sans masques,
- calcul de l'éclairement naturel direct sur la paroi, sans masques,
- calcul de l'éclairement naturel diffus sur la paroi, sans masques,
- calcul de l'éclairement naturel réfléchi par le sol sur la paroi, sans masques,
- prise en compte des masques solaires. Six types de masques sont considérés :
 - masque lointain défini par tranches azimutales,
 - masque lointain constitué d'arbres à feuilles caduques,
 - masque lointain de type plan vertical éloigné, caractérisé par l'angle sous lequel le masque est vu,
 - masques proches verticaux droite et/ou gauche ; considérés comme infinis, caractérisés par leur débord et leur distance à la paroi étudiée,
 - masque proche horizontal ; considéré comme infini, caractérisé par son débord et sa distance à la paroi étudiée,

Il est possible de prendre en compte une combinaison d'un masque proche horizontal et de masques proches verticaux.

- Calcul du rayonnement direct, du rayonnement diffus et réfléchi par le sol, sur la paroi compte tenu des masques.
- Calcul de l'éclairement direct, de l'éclairement diffus et réfléchi par le sol, sur la paroi compte tenu des masques.

On calcule également la correction locale de la vitesse du vent, le rayonnement froid de la voûte céleste et la température d'eau froide utilisée pour l'ECS.

Dans tous les calculs les angles sont en radians.

3.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 2 donne la nomenclature des différentes variables du composant.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m ²			
I_{di}	Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m ²			
ψ	Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	Rd			
γ	Hauteur du soleil	rd			
E_{Dn}	Eclairement naturel direct normal	Lux			
E_{di}	Eclairement naturel diffus horizontal	Lux			
$T_{e\text{ciel}}$	Température du ciel	°C			
T_e	Température extérieure d'air sec	°C			
w_e	Poids d'eau	kg/kg as			
Vent	La vitesse du vent à 10 m de hauteur	m/s			
Dir_{vent}	Direction du vent	°			

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
α	Azimut de la paroi considérée, ev, (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est) Orientation du masque, dans le cas d'un masque vertical lointain pour une paroi horizontale	°	0°	360	-
β	Inclinaison de la paroi considérée, ev, (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale, 180° : horizontal vers le bas)	°	0°	180	-
l_{pb}	Largeur de la paroi	m	0	$+\infty$	-
h_{pb}	Hauteur de la paroi	m	0	$+\infty$	-
alb	Albédo du sol pour le rayonnement solaire	-	0	1	0,2
alb_{ecl}	Albédo du sol pour l'éclairement naturel	-	0	1	0,2
	<i>Pour masque vertical droit</i>				
d_{vd}	Profondeur du masque proche vertical droit	m	0	$+\infty$	
d_{pd}	Distance entre la paroi et le masque proche vertical droit	m	0	$+\infty$	
	<i>Pour masque vertical gauche</i>				

d_{vg}	Profondeur du masque proche vertical gauche	m	0	$+\infty$	
d_{pg}	Distance entre la paroi et le masque proche vertical gauche	m	0	$+\infty$	
	<i>Pour masque proche horizontal</i>				
d_{hm}	Profondeur du masque proche horizontal	m	0	$+\infty$	
d_{hp}	Distance entre la paroi et le masque proche horizontal	m	0	$+\infty$	
	<i>Pour masque vertical lointain</i>				
d_E	Distance entre le masque vertical lointain et la paroi	m	0	$+\infty$	
h_{pE}	Hauteur du masque lointain vertical par rapport au centre de la paroi	m	0	$+\infty$	
	<i>Pour masque vertical par tranches azimutales</i>				
Az	Angle des différentes tranches Azimutales	°	-	-	
γ_i	Hauteur en (°) de l'horizon vu du centre de la paroi intégrant les masques naturels et urbains existants et futurs pour chaque tranche azimutale	°	0	90	
$T_{simul\_déb\_veg}$	Heure de simulation à partir de laquelle on considère que les arbres à feuilles caduques portent des feuilles (début de saison végétative)	h	0	8760	2161
$T_{simul\_fin\_veg}$	Heure de simulation à partir de laquelle on considère que les arbres à feuilles caduques ne portent plus de feuilles (fin de saison végétative)	h	0	8760	6553
N_{masque}	Nombre de masques protégeant la paroi k	-	0	7	-
$Id_{masque[Nmasque]}$	Identifiant des masques	-	-	-	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Te	Température extérieure d'air sec	°C
we	Poids d'eau	kg/kg as
Ventc	La vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s
Dirvent	Direction du vent	°
Te _{ciel}	Température du ciel	°C
$\Theta_{,ev}$	Angle entre le soleil et la normale à la paroi considérée	rd
$Drp^*_{,ev}$	Rayonnement direct atteignant une paroi	W/m ²
$Dfp^*_{,ev}$	Rayonnement diffus atteignant une paroi	W/m ²
$Rrp^*_{,ev}$	Rayonnement réfléchi atteignant une paroi	W/m ²
$Erp^*_{,ev}$	Eclairement direct atteignant une paroi	Lux
$Efp^*_{,ev}$	Eclairement diffus atteignant une paroi	Lux
$Errp^*_{,ev}$	Eclairement réfléchi atteignant une paroi	Lux
$ETp^*_{,ev}$	Eclairement total atteignant une paroi	Lux
Q_{er}^*	Densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi	W/m ²

γ^b	Hauteur du soleil corrigée pour la baie b.	°
Jour_astro	Période du jour pendant laquelle le soleil est au dessus de l'horizon	-
Isr_horiz*	Rayonnement global horizontal incident	W/m ²

Variables internes

Nom	Description	Unité
ev	Indice de l'élément d'enveloppe	-
Cvent	Correction locale de la vitesse du vent. Valeur conventionnelle fixée à 0,9	-
Drp	Rayonnement direct incident	W/m ²
Dfp	Rayonnement diffus incident	W/m ²
Rrp	Rayonnement réfléchi incident	W/m ²
Erp	Eclairement direct incident	Lux
Efp	Eclairement diffus incident	Lux
Errp	Eclairement réfléchi incident	Lux
FfDir	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct	-
FfDiff	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus	-
FfRp	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire réfléchi	-
F _{vd,dir}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû au masque proche vertical droit	-
F _{vg,dir}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû au masque proche vertical gauche	-
F _{vd,dif}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus dû au masque proche vertical droit	-
F _{vg,dif}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus dû au masque proche vertical gauche	-
F _{h-dir}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû au masque proche horizontal	-
F _{h-dif}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus dû au masque proche horizontal	-
F _{E-LV-dir}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû au masque lointain défini par un plan vertical	-
F _{E-LV-dif}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus dû au masque lointain défini par un plan vertical	-
F _{E-Az,dir}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû aux masques lointains définis par tranches azimutales	-
F _{E-Az,dif}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus dû aux masques lointains définis par tranches azimutales	-
F _{E-Az_cad,dir}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû aux masques lointains constitués d'arbres à feuilles caduques définis par tranches azimutales	-
F _{E-Az_cad,dif}	Facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus dû aux masques lointains constitués d'arbres à feuilles caduques définis par tranches azimutales	-

$\phi^k(h)$	Azimet du soleil par rapport à l'azimet du composant d'enveloppe k.	Rad	
ψ'	Azimet du soleil (Angle du soleil par rapport au sud) (0°: Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	Rad	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
H _{re}	Coefficient d'échange radiatif extérieur	W/m²/ K	5.5

Tableau 2 : Nomenclature des différentes variables du modèle

3.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Conversion des angles en radians

Orientation du masque	$\alpha \cdot \pi / 180$
Inclinaison du composant	$\beta \cdot \pi / 180$
Hauteur sur l'horizon des masques par tranches azimutale	$\gamma_i \cdot \pi / 180$

Prise en compte des masques

Le composant 'environnement proche' calcule les rayonnements solaires et les éclairagements dans la direction de la paroi, prend en compte les masques éventuels, pour finalement aboutir aux rayonnements et aux éclairagements incidents sur la paroi.

Chaque composant peut être protégé par un à six types de masques :

- masque proche vertical, droite et gauche,
- masque proche horizontal,
- masque vertical lointain,
- masque vertical lointain par tranche d'azimut,
- masque constitué d'arbres à feuilles caduques.

Il est possible de prendre en compte une combinaison d'un masque proche horizontal et de masques proches verticaux.

Pour décrire un masque il convient de décrire ses paramètres d'intégration.

Avant le calcul des masques tous les facteurs d'affaiblissement sont forcés à 1, ainsi seuls les masques décrits ont un impact sur les calculs.

Cas particulier des ponts thermiques

Les ponts thermiques peuvent se voir appliquer des masques lointains quels que soient leur inclinaison et leur profil. Il conviendra alors d'adopter une description détaillée de ses derniers (voir fiche « *C_Bat_Ponts thermiques* »).

Pour les masques proches, seuls les ponts thermiques « verticaux » (par exemple les linéaires entre deux façades) sont concernés. Le pont thermique est alors modélisé sous la forme d'une paroi opaque verticale dont l'orientation est celle définie au niveau du pont thermique et dont la largeur est conventionnellement fixée à 30 cm.

Calcul des hauteurs de soleil corrigées pour les composants d'enveloppe

A chaque pas de temps, la prise en compte des protections mobiles à lames inclinées nécessite d'attribuer aux composants d'enveloppe une valeur de hauteur de soleil corrigée (ou angle de profil), prenant en compte l'azimut du soleil et l'orientation du composant. Cette grandeur est notée $\gamma^k(h)$, et s'exprime en ° d'angle.

Soient :

- α^k l'azimut du composant considéré par rapport au sud (en rad), ramené dans $[-\pi ; \pi]$,
- $\psi(h)$, l'azimut du soleil par rapport au sud (en rad), ramené dans $[-\pi ; \pi]$,
- $\gamma(h)$, la hauteur du soleil (en rad).

$$\varphi^k(h) = \psi(h) - \alpha^k \text{ (rad)} \quad (3)$$

$$\text{Si } |\varphi^k(h)| \geq \frac{\pi}{2}, \gamma^k(h) = 90 \quad (^\circ)$$

Sinon,

$$\gamma^k(h) = \frac{180}{\pi} \times \text{Arc tan} \left(\frac{\tan(\gamma(h))}{\cos(\varphi(h))} \right) \quad (^\circ) \quad (4)$$

3.2.3.1 Calcul des hauteurs de soleil corrigées pour les baies

Chaque pas de temps, la prise en compte des protections mobiles à lames inclinées nécessite d'attribuer aux composants baies une valeur de hauteur de soleil corrigée (ou angle de profil), prenant en compte l'azimut du soleil et l'orientation de la baie. Cette grandeur est notée $\gamma^b(h)$, et s'exprime en $^\circ$ d'angle.

$$\varphi^b(h) = \psi(h) - \alpha^b \text{ (rad)} \quad (5)$$

$$\gamma^b(h) = \frac{180}{\pi} \times \text{Arc tan} \left(\frac{\tan(\gamma(h))}{\cos(\varphi(h))} \right) \quad (^\circ) \quad (6)$$

Azimut du soleil

ψ' , l'angle du soleil par rapport au sud avec 0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est, est déterminé par rapport à ψ , l'angle du soleil par rapport au sud, sens horaire (négatif au lever, positif au coucher).

3.2.3.2 Calcul du rayonnement solaire direct

La donnée d'entrée étant le rayonnement direct normal, I_{Dn} , on calcule l'angle entre ce rayonnement et la normale à la paroi. On en déduit le rayonnement sur le plan étudié, Drp

- Calcul de l'angle entre le soleil et la normal à la paroi étudiée :

$$\theta = \min \left[\frac{\pi}{2}; \text{Arc cos}(\cos(\gamma) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\psi' - \alpha) + \sin(\gamma) \cdot \cos(\beta)) \right] \quad (7)$$

- Calcul de Drp sur le plan étudié :

$$Drp = \cos(\theta) \cdot I_{Dn} \quad (8)$$

3.2.3.3 Calcul du rayonnement solaire diffus

Compte tenu de l'hypothèse d'isotropie du rayonnement diffus, le rayonnement atteignant l'orientation considérée, Dfp , n'est fonction que de son inclinaison et du rayonnement diffus isotrope I_{di} :

$$Dfp = I_{di} \cdot 0,5 \cdot (1 + \cos(\beta)) \quad (9)$$

3.2.3.4 Calcul du rayonnement solaire réfléchi par le sol

Le rayonnement solaire réfléchi par le sol est supposé isotrope. Le rayonnement réfléchi atteignant l'orientation considérée, Rrp , n'est fonction que de son inclinaison, de l'albédo du sol et du rayonnement global horizontal ($I_{Dh} + I_{di}$) :

$$Rrp = (I_{Dh} + I_{di}) \cdot alb \cdot 0,5 \cdot (1 - |\cos(\beta)|) \quad (10)$$

Avec :

$$I_{Dh} = I_{Dn} \cdot \sin(\gamma) \quad (11)$$

3.2.3.5 Calcul de l'éclairement naturel direct

La donnée d'entrée étant l'éclairement direct normal, E_{Dn} , on calcule l'angle entre cet éclairement et la normale à la paroi. On en déduit l'éclairement sur le plan étudié, Erp .

- Calcul de l'angle entre le soleil et la normal à la paroi étudiée :

$$\theta = \min \left[\frac{\pi}{2}; \text{Arc cos}(\cos(\gamma) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\psi' - \alpha) + \sin(\gamma) \cdot \cos(\beta)) \right] \quad (12)$$

- Calcul de Erp sur le plan étudié :

$$Erp = \cos(\theta) \cdot E_{Dn} \quad (13)$$

3.2.3.6 Calcul de l'éclairement naturel diffus

Compte tenu de l'hypothèse d'isotropie de l'éclairement diffus, l'éclairement atteignant l'orientation considérée, Efp , n'est fonction que de son inclinaison et de l'éclairement diffus isotrope E_{di} :

$$Efp = E_{di} \cdot 0,5 \cdot (1 + \cos(\beta)) \quad (14)$$

3.2.3.7 Calcul de l'éclairement naturel réfléchi par le sol

L'éclairement réfléchi par le sol est supposé isotrope. L'éclairement réfléchi atteignant l'orientation considérée, $Errp$, n'est fonction que de son inclinaison, de l'albédo du sol et de l'éclairement global horizontal ($E_{Dh} + E_{di}$) :

$$Errp = (E_{Dh} + E_{di}) \cdot alb_{ect} \cdot 0,5 \cdot (1 - |\cos(\beta)|) \quad (15)$$

Avec :

$$E_{Dh} = E_{Dn} \cdot \sin(\gamma) \quad (16)$$

3.2.3.8 Correction locale de la vitesse du vent à 10 m de hauteur

$V_{entc} = V_{ent} \cdot C_{vent}$

Avec conventionnellement : $C_{vent} = 0,9$

3.2.3.9 Calcul du rayonnement froid vers la voûte céleste

$$Q_{er}^* = h_{re} \cdot (T_{eciel} - T_e) \cdot \max(\cos(\beta), 0) \quad (17)$$

3.2.3.10 Calcul de la durée du jour

Si $\gamma \geq 0.0001$, alors,

$$Jour_{astro} = 1 \quad (18)$$

Sinon,

$$Jour_{astro} = 0$$

3.2.3.11 Masques proches verticaux

Ce type de masques est associé uniquement aux parois opaques, baies, parois d'espace tampon et ponts thermiques verticaux (voir Figure 7). Pour la suite, l'indice d indique la partie droite et l'indice g indique la partie gauche

3.2.3.11.1 Rayonnement solaire direct et éclairage naturel direct

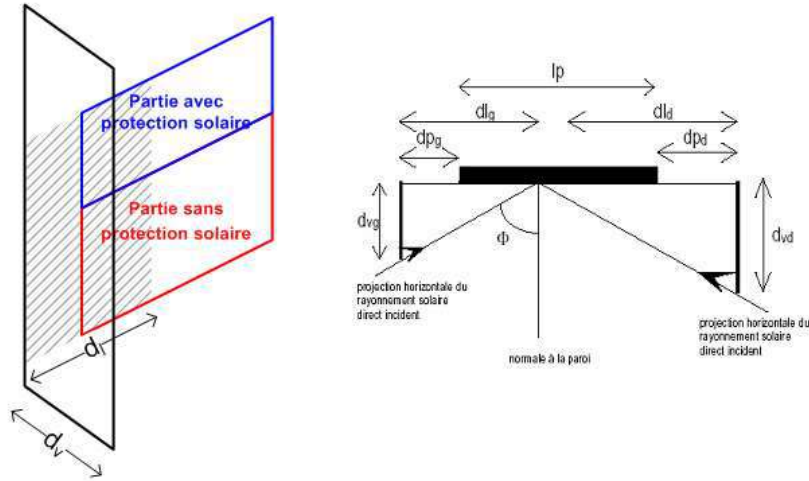


Figure 7 : Masques proches verticaux

Les facteurs d'affaiblissement du rayonnement solaire direct incident, $F_{vg,dir}$ et $F_{vd,dir}$, sont calculés comme suit :

- Si $\beta = \frac{\pi}{2}$ (composant vertical)

$$\phi = \psi' - \alpha$$

- Si $\cos(\phi) \geq 10^{-5}$ (si entrée du soleil dans le plan concerné)

- si $d_{vg} > 0$

$$d_{lg} = \text{Max} \left(0; d_{vg} \times \text{tg}(\phi) \right)$$

$$F_{vg,dir} = \text{Min} \left[\text{Max} \left(0; 1 - \frac{d_{lg} - d_{pg}}{l_p} \right); 1 \right]$$

- si $d_{vg} \leq 0$

$$F_{vg,dir} = 1$$

- si $d_{vd} > 0$

$$d_{ld} = \text{Max} \left(0; -d_{vd} \times \text{tg}(\phi) \right)$$

$$F_{vd,dir} = \text{Min} \left[\text{Max} \left(0; 1 - \frac{d_{ld} - d_{pd}}{l_p} \right); 1 \right]$$

- si $d_{vd} \leq 0$

$$F_{vd,dir} = 1$$

(19)

- Si $\cos(\phi) < 10^{-5}$

$$\begin{cases} F_{vd,dir} = 1 \\ F_{vg,dir} = 1 \end{cases}$$

- Si $\beta \neq \frac{\pi}{2}$ (composant non vertical)

$$\begin{cases} F_{vd,dir} = 1 \\ F_{vg,dir} = 1 \end{cases}$$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairement naturel direct que pour le rayonnement solaire.

3.2.3.11.2 Rayonnement solaire diffus et éclairement naturel diffus

Les facteurs d'affaiblissement pour le rayonnement solaire diffus et pour l'éclairement diffus ne sont pas pris en compte.

$$F_{vg,dif} = 1$$

$$F_{vd,dif} = 1$$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairement naturel diffus que pour le rayonnement solaire.

3.2.3.12 Masque proche horizontal

Ce type de masques est associé uniquement aux parois opaques, baies, parois d'espace tampon et ponts thermiques verticaux.

3.2.3.12.1 Rayonnement solaire direct et éclairage naturel direct

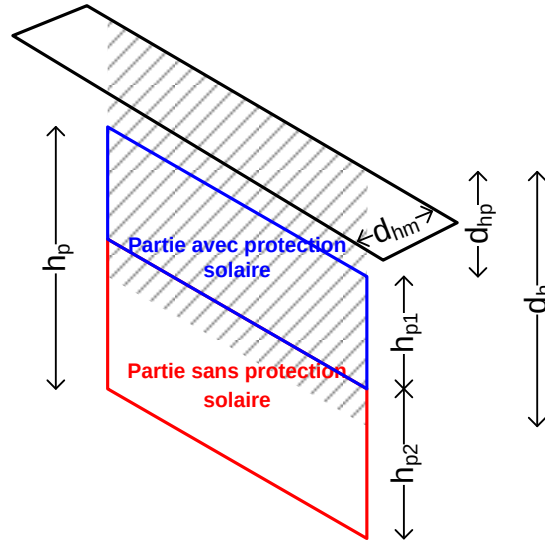


Figure 8 : Masque proche horizontal

Le facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct $F_{h,dir}$ est calculé comme suit :

- Si $\beta = \frac{\pi}{2}$ (paroi verticale)

$$\phi = \psi' - \alpha$$

- Si $\cos(\phi) \geq 10^{-5}$ (si entrée du soleil dans le plan concerné)

- si $d_{hm} > 0$

$$d_h = \text{Max} \left(0; d_{hm} \times \frac{\text{tg}(\gamma)}{\cos(\phi)} \right)$$

$$F_{h,dir} = \text{Min} \left[\text{Max} \left(0; 1 - \frac{d_h - d_{hg}}{h_p} \right); 1 \right] \quad (20)$$

- si $d_{hm} \leq 0$

$$F_{h,dir} = 1$$

- Si $\cos(\phi) < 10^{-5}$

$$F_{h,dir} = 1$$

- Si $\beta \neq \frac{\pi}{2}$ (paroi non verticale)

$$F_{h,dir} = 1$$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel direct que pour le rayonnement

solaire.

3.2.3.12.2 Rayonnement solaire diffus et éclairement naturel diffus

Soit θ_g l'angle sous lequel le point central du composant voit le ciel.

Le facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire diffus, F_{h-dif} , est déterminé selon l'équation suivante :

- Si $\beta = \frac{\pi}{2}$ (paroi verticale)

- si $d_{hm} > 0$

$$\theta_g = \frac{180}{\pi} \cdot \arctan\left(\frac{d_{hp} + \frac{h_p}{2}}{d_{hm}}\right)$$

$$F_{h-dif} = \frac{\theta_g}{90} \quad (21)$$

- si $d_{hm} \leq 0$

$$F_{h-dif} = 1$$

- Si $\beta \neq \frac{\pi}{2}$ (paroi non verticale)

$$F_{h-dif} = 1$$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairement naturel diffus que pour le rayonnement solaire diffus.

3.2.3.13 Masque lointain défini par un plan vertical

3.2.3.13.1 Rayonnement solaire direct et éclairage naturel direct

Ces masques sont applicables à une paroi opaque, une baie, un pont thermique, une paroi d'espace tampon, un capteur photovoltaïque ou un capteur solaire thermique dont les dimensions sont considérées négligeables par rapport à celles du masque (voir Figure 9), et quelle que soit l'inclinaison du composant.

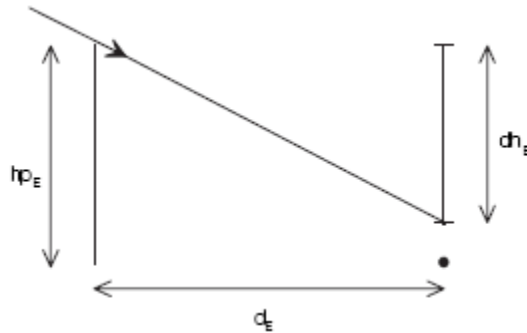


Figure 9 : Masque lointain défini par un plan vertical

Le facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire direct dû au masque lointain vertical, $f_{E-LV,dir}$ est calculé de la manière suivante :

$\forall \beta$

$$\phi = \psi' - \alpha$$

- Si $\cos(\phi) \geq 10^{-5}$ (si entrée du soleil dans le plan concerné)

- si $hp_E > 0$

$$dh_E = d_E \cdot \frac{\tan(\gamma)}{\cos(\phi)} \quad (22)$$

$$\text{si } dh_E > hp_E \Rightarrow F_{E-LV} = 1$$

$$\text{si } dh_E < hp_E \Rightarrow F_{E-LV} = 0$$

- si $hp_E \leq 0$

$$F_{E-LV} = 1$$

- Si $\cos(\phi) < 10^{-5}$

$$F_{E-LV} = 1$$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel direct que pour le rayonnement solaire.

3.2.3.13.2 Rayonnement solaire diffus et éclairage naturel diffus

Pour toute inclinaison $F_{E-LV,dif} = 1$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel diffus que pour le rayonnement

solaire diffus.

3.2.3.14 Masques lointains définis par tranches azimutales

Ces masques sont applicables à une paroi opaque, une baie, un pont thermique, une paroi d'espace tampon, un capteur photovoltaïque ou un capteur solaire thermique dont les dimensions sont considérées négligeables par rapport à celles du masque (voir Figure 9), et quelle que soit l'inclinaison du composant.

3.2.3.14.1 Rayonnement solaire direct et éclairement naturel direct

On définit 36 tranches azimutales d'une amplitude de 10° . Dans chaque tranche, on considère un angle γ_i ($i = 1, 2, \dots, 36$) correspondant à la hauteur de l'horizon vu du centre du composant intégrant les masques naturels et urbains existants et futurs.

Lorsque l'azimut du soleil par rapport à la normale à la paroi (Φ) se situe dans une tranche d'indice i donnée, si γ est supérieur à l'angle γ_i de cette tranche, le composant est éclairé ($F_{E\_Az,dir} = 1$), sinon il est à l'ombre ($F_{E\_Az,dir} = 0$) (voir Figure 10).

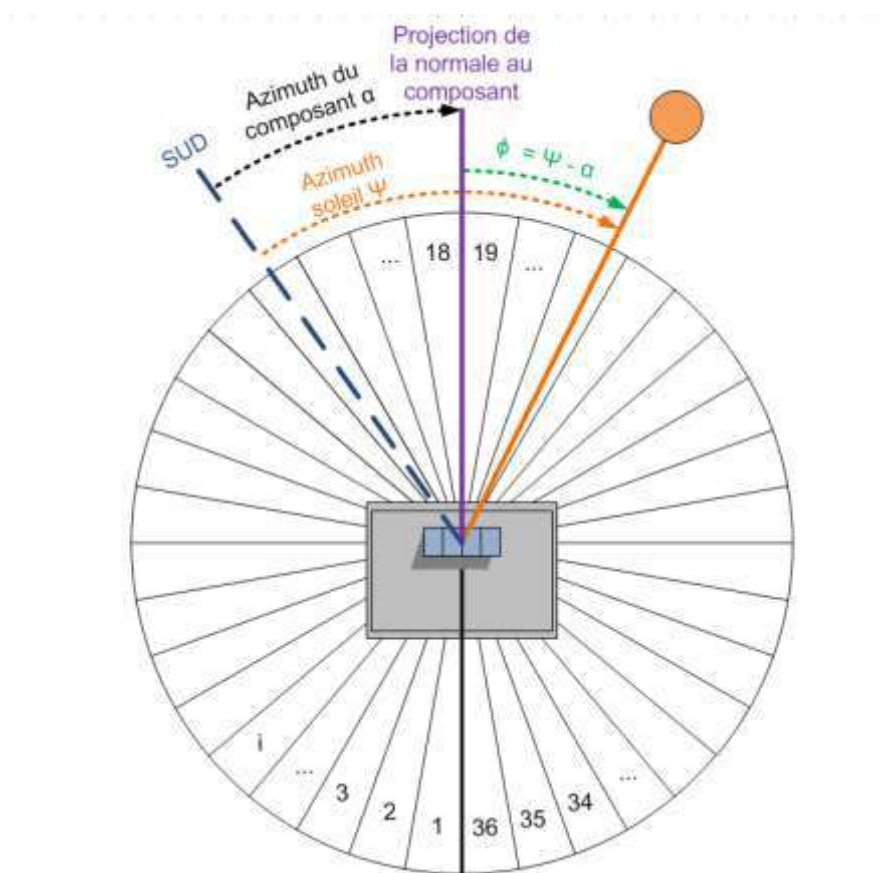


Figure 10 : masques lointains définis par 36 tranches azimutales sur une paroi non-verticale avec soleil présent dans la tranche d'indice $i = 21$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel direct que pour le rayonnement solaire.

3.2.3.14.2 Rayonnement solaire diffus et éclairage naturel diffus

$$F_{E-AZ,dif} = 1$$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel diffus que pour le rayonnement solaire diffus.

3.2.3.15 *Masques lointains constitués d'arbres à feuilles caduques*

3.2.3.15.1 *Rayonnement solaire direct et éclairage naturel direct pour les arbres à feuilles caduques*

Les arbres à feuilles caduques ne portent des feuilles, donc constituent un masque, qu'une partie de l'année définie par :

$$T_{\text{simul\_deb\_veg}} < T_{\text{simul}} < T_{\text{simul\_fin\_veg}}$$

Ainsi :

Si $T_{\text{simul\_deb\_veg}} < T_{\text{simul}} < T_{\text{simul\_fin\_veg}}$

$F_{E\_Az\_cad,dir}$ calculé comme en 3.2.3.14.1.

Sinon $F_{E\_Az\_cad,dir} = 1$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel direct que pour le rayonnement solaire.

3.2.3.15.2 *Rayonnement solaire diffus et éclairage naturel diffus pour les arbres à feuilles caduques*

Si $T_{\text{simul\_deb\_veg}} < T_{\text{simul}} < T_{\text{simul\_fin\_veg}}$

$F_{E\_Az\_cad,dif}$ calculé comme en 3.2.3.14.2

Sinon $F_{E\_Az\_cad,dif} = 1$

Les facteurs d'affaiblissement sont les mêmes pour l'éclairage naturel diffus que pour le rayonnement solaire diffus.

3.2.3.16 *Facteurs d'affaiblissement globaux*

Un composant peut être protégé par plusieurs masques dont le nombre est déterminé dans le paramètre d'intégration N_{masque} .

Un indentifiant, $\text{Id\_masque}[N_{\text{masque}}]$ de dimension N_{masque} , permet de connaître les masques en œuvre sur le composant.

$\text{Id\_masque}[]$ contient autant d'identifiant que de masques en œuvre, chaque masque étant identifié par :

Masque constitué d'arbres à feuilles caduques : E_Az_cad

Masque lointain par tranches azimutales : E_AZ

Masque lointain par un plan vertical : E_LV

Masque proche horizontal : h

Masque vertical gauche : vg

Masque vertical droit : vd

Le calcul convient pour les combinaisons de masques proches de type loggia.

- Facteurs d'affaiblissement globaux pour le rayonnement direct et l'éclairage direct

Le facteur d'affaiblissement global du rayonnement solaire direct ou de l'éclairage direct de la partie protégée du composant dû aux masques proches et aux masques lointains verticaux, F_{fDir} , est calculé comme

suit :

$$FfDir_{,ev} = \prod_{n=1}^{N_{masque}} F_{Id\_masque[n],dir} \quad (23)$$

- Facteurs d'affaiblissement globaux pour le rayonnement diffus et l'éclairement diffus

Le facteur d'affaiblissement global du rayonnement solaire diffus ou de l'éclairement diffus de la partie protégée du composant dû aux masques proches et aux masques lointains verticaux, FfDir, est calculé comme suit :

$$FfDif_{,ev} = \prod_{n=1}^{N_{masque}} F_{Id\_masque[n],dif} \quad (24)$$

- Facteurs d'affaiblissement globaux pour le rayonnement réfléchi et l'éclairement réfléchi

Le facteur d'affaiblissement global du rayonnement solaire réfléchi ou de l'éclairement réfléchi de la partie protégée du composant dû aux masques proches et au masque lointain vertical, FfDir, est calculé comme suit :

$$FfRp_{,ev} = 1 \quad (25)$$

3.2.3.17 **Rayonnement atteignant une paroi**

$$Drp^*_{,ev} = Drp.FfDir_{,ev}$$

$$Dfp^*_{,ev} = Dfp.FfDif_{,ev}$$

$$Rrp^*_{,ev} = Rrp.FfRp_{,ev}$$

Et le rayonnement total incident sur une paroi horizontale ($\beta=0$) s'exprime ainsi

$$Isr\_horiz^* = (Drp^*_{,ev} + Dfp^*_{,ev} + Rrp^*_{,ev})_{\beta=0} \quad (26)$$

3.2.3.18 **Eclairement atteignant une paroi**

$$Erp^*_{,ev} = Erp.FfDir_{,ev}$$

$$Efp^*_{,ev} = Efp.FfDif_{,ev}$$

$$Errp^*_{,ev} = Errp.FfRp_{,ev}$$

$$Etp^*_{,ev} = Erp^*_{,ev} + Efp^*_{,ev} + Errp^*_{,ev}$$

4. SCENARIOS ET ENVIRONNEMENT INTERIEUR

4.1 C_EIN_Scénarios conventionnels

4.1.1 INTRODUCTION

Cette fiche présente le préprocesseur de fabrication des scénarios d'usage, de températures et d'apport internes (occupant, matériels ...).

Le scénario d'occupation à proprement parlé se définit au niveau de la zone, indépendamment du bâtiment. **La zone est divisée en locaux.** Les *apports internes* sont définis au niveau des locaux.

4.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 3 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de C-Ein-Scenario-conventionnel.

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Usage_{zone}$	Type d'usage de la zone.	-	-	-	-
$Type_{local}$	Type d'usage d'un local de la zone.	-	-	-	-
Rat_{loc}^l	Ratio de surface utile du local l / surface utile de la zone	-	0	1	-
N_{occ_nom}	Occupation surfacique maximale	-	0	$+\infty$	-
$Q_{max\_occ}^l$	Apport maximal de chaleur interne du aux occupants, par occupant, du local l	W/occ	$-\infty$	$+\infty$	-
$\omega_{max\_occ}^l$	Apport maximal d'humidité interne du aux occupants, par occupant, du local l	Kg/h/occ	0	$+\infty$	-
$Q_{max\_proc}^l$	Apport maximal de chaleur interne du local l	W/m ²	$-\infty$	$+\infty$	-
$\omega_{max\_proc}^l$	Apport maximal d'humidité interne du local l	Kg/h/m ²	0	$+\infty$	-
V_{ECS_nom}	Volume requis par unité	L/semaine	0	$+\infty$	-
θ_{iich}^+	Température de consigne de chauffage en occupation normale (confort)	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{iifr}^+	Température de consigne de refroidissement en occupation normale (confort)	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{iich}^0	Température de consigne de chauffage si réduit de moins de 48h	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{iifr}^0	Température de consigne de refroidissement si réduit de moins de 48h	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{iich}^-	Température de consigne de chauffage si réduit de plus de 48h	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{iifr}^-	Température de consigne de refroidissement si réduit de plus de 48h	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$P_{occ}^a(m, s)$	Indicateur d'occupation de la zone par mois/semaine	bool	0	1	-
$P_{occ}^s(j, h)$	Indicateur d'occupation de la zone par jour/heure	Bool	0	1	-
$p_{mob}^a(m, s)$	Indicateur de mobilité de la zone par mois/semaine	bool	0	1	-
$p_{mob}^s(j, h)$	Indicateur de mobilité de la zone par jour/heure	Bool	0	1	-

$p_{ch}^a(m, s)$	Indicateur de consigne de chauffage (vacances ou non) par mois/semaine	Bool	0	1	-
$p_{ch}^s(j, h)$	Indicateur de consigne de chauffage (confort, réduit de moins de 48h, réduit de plus de 48 heure)par jour/heure	Bool	-1	1	-
$p_{fr}^a(m, s)$	Indicateur de consigne de refroidissement (vacances ou non) par mois/semaine	Bool	0	1	-
$p_{fr}^s(j, h)$	Indicateur de consigne de refroidissement (confort, réduit de moins de 48h, réduit de plus de 48 heure)par jour/heure	Bool	-1	1	-
$p_{vent}^a(m, s)$	Indicateur d'utilisation de la ventilation en occupation ou inoccupation mois/semaine	Bool	0	1	-
$p_{vent}^s(j, h)$	Indicateur d'utilisation de la ventilation en occupation ou inoccupation par jour/heure	Bool	0	1	-
$p_{light}^a(m, s)$	Indicateur de fonctionnement de l'éclairage mois/semaine	Bool	0	1	-
$p_{light}^s(j, h)$	Indicateur de fonctionnement de l'éclairage par jour/heure	Bool	0	1	-
$p_{ECS}^a(m, s)$	Indicateur de fonctionnement de l'ECS par mois/semaine	Bool	0	1	-
$p_{ECS}^s(j, h)$	Indicateur de fonctionnement de l'ECS par jour/heure	Bool	0	1	-
$t_{occ}^a(m, s)$	Facteur correctif du taux d'occupation du local / par mois/semaine	Réel	0	1	-
$t_{occ}^s(j, h)$	Facteur correctif du taux d'Occupation du local / par jour/heure	Réel	0	1	-
$t_{ch}^a(m, s)$	Ratio d'apports internes de chaleurs du local par mois/semaine	Réel	0	1	-
$t_{ch}^s(j, h)$	Ratio d'apports internes de chaleurs du local par jour/heure	Réel	0	1	-
$t_{\omega}^a(m, s)$	Ratio d'apports internes d'humidité du local par mois/semaine	Réel	0	1	-
$t_{\omega}^s(j, h)$	Ratio d'apports internes d'humidité du local par jour/heure	Réel	0	1	-
α_{conv}	Part des apports internes sous forme convective (conventionnel).	Réel	0	1	0.5

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A^{gr}	Surface utile du groupe g de la zone	m ²	0	$+\infty$	-
$Nb_{lg\ t}$	Nombre de logement en logement collectif et pour les maisons accolées	Entier	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
N_{occ}	Nombre d'occupants d'un groupe	-
Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composantes scalaires) décrivant la mobilité de la cabine d'ascenseur	-
$\phi_{int,conv}^g$	Apports internes convectifs hors-occupants et éclairage d'un groupe g	W
$\phi_{int,rad}^g$	Apports internes radiatifs hors-occupants et éclairage d'un groupe g	W
ω_{int}^g	Apport d'humidité hors-occupants au groupe g	Kg/h

	$\phi_{int\_occ,conv}^g$	Apports internes convectifs dus aux occupants d'un groupe g	W
	$\phi_{int\_occ,rad}^g$	Apports internes radiatifs dus aux occupants d'un groupe g	W
	$\omega_{int\_occ}^g$	Apport d'humidité dus aux occupants au groupe g	Kg/h
	ah	Clé de répartition horaire pour le calcul des besoins d'ECS	-
	I_{vent}	Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool
	I_{ecl}	Indicateur d'éclairage de la zone (Occ / Inocc)	Bool
	θ_{iich}	Température de consigne initiale de chauffage commune à tous les groupes de la zone	°C
	θ_{iifr}	Température de consigne initiale de refroidissement commune à tous les groupes de la zone	°C
	I_{occ_zone}	Indicateur d'occupation de la zone (Occ / Inocc)	Bool
	I_{vac}	Indicateur de vacances de la zone (=0 en période de vacances)	Bool
	$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier
	I_{occ_gpm}	Indicateur d'occupation pour la gestion des protections mobile . -1 : inoccupation de nuit ou de vacances. 0 : inoccupation de jour. 1 : occupation.	entier
	$i_{herbergement}$	Indicateur d'usage habitation ou hébergement. 0 : usage non-habitation et non-hébergement. 1 : usage habitation ou hébergement.	entier
Usage	$i_{enseignement}$	Indicateur d'usage associé à l'enseignement : 0 : usage non affilié à l'enseignement : 1 : usage d'enseignement ou affilié.	entier
	$p_{ch\_s}(h)$	Indicateur de consigne de chauffage (confort, réduit de moins de 48h, réduit de plus de 48 heures) par jour/heure	entier
Relance	$p_{fr\_s}(h)$	Indicateur de consigne de refroidissement (confort, réduit de moins de 48h, réduit de plus de 48 heures) par jour/heure	entier

Variables internes

Nom	Description	Unité
h	Heure de la journée	-
j	Jour de la semaine	-
s	Semaine de du mois	-
m	Mois de l'année	-
A_z	Surface utile de la zone	m ²

Rat_{gr}^g	Ratio de surface utile d'un groupe g sur la surface de la zone	m ²
N_{occ}^l	Nombre d'occupants du local /	-
$\phi_{int,conv}^l$	Apports internes convectifs au local /	W
$\phi_{int,rad}^l$	Apports internes radiatifs au local /	W
ω_{int}^l	Apport d'humidité interne du local /	Kg/h
N_{max}	Nombre maximal d'occupation du local /	-
N_{adeq}	Nombre d'adultes équivalents	-
A_{hab}	Surface habitable de la zone	m ²
A_{lgt}	Surface moyenne d'un logement	m ²
Rat_{hab}	Ratio de surface habitable	-
$p_{occ\_gpm}^a(m, s)$	Indicateur d'occupation de la zone par mois/semaine pour la gestion des protections mobiles	Entier
$p_{occ\_gpm}^s(j, h)$	Indicateur d'occupation de la zone par jour/heure pour la gestion des protections mobiles	Entier

Tableau 3 : Nomenclature du modèle

4.1.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

4.1.3.1 Calendrier

Au niveau des scenarios d'occupation, la date est donnée par

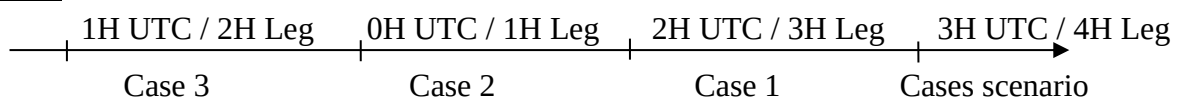
1. Le mois de l'année m de 1 à 12
2. La semaine du mois S de 1 à 4 ou 5 suivant le mois
3. Le jour de la semaine j entre 1 et 7
4. l'heure du jour h entre 1 et 24

qui se déduisent de l'heure $h_{année}$ de la simulation par incrémentations successives. Il faut connaître le nombre de semaine pour chaque mois défini conventionnellement :

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nombre de semaines	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4

On suppose que l'année commence un Lundi. Chaque caractéristique d'occupation sera fonction de ces 4 paramètres. Les fichiers descriptifs sont décrits en heure légale. La correspondante entre les itérations, l'heure UTC, l'heure légale, et le numéro de la case est comme suit :

	Itération (à partir de 0)	UTC début	UTC fin	Hleg début	Hleg fin	Numéro case scénario (à partir de 1)
	0	0H	1H	1H	2H	2
	1	1H	2H	2H	3H	3
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Passage à l'heure d'été	1895	23H	0H	0H	1H	1
	1896	0H	1H	2H	3H	3
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Passage à l'heure d'hiver	7031	23H	0H	1H	2H	2
	7032	0H	1H	1H	2H	2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	8759	23H	0H	1H	2H	2



4.1.3.2 Liste d'usages prévus pour une zone

L'usage est défini au niveau de la zone. Chaque zone est associée à un usage unique parmi les possibilités suivantes :

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeur de l'hébergement	Valeur de l'enseignement
1	Maisons individuelles ou accolées	1	0
2	Logements collectifs	1	0
3	Bureaux	0	0
4	Enseignement primaire	0	1
5	Enseignement secondaire	0	1
6	Médiathèques et bibliothèques	0	0
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0	1
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	1	0
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	1	0
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	0	0
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	0	0
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0	0
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	0	0
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0	0
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	0	0
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	0	0
17	Commerces	0	0
18	Vestiaires seuls	0	0
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	1	0
20	Etablissements de santé (partie nuit)	1	0
21	Etablissements de santé (partie jour)	0	0
22	Aérogares	0	0
23	Industries ou artisanats 3x8h	0	0
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0	0
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	0	0
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0	1
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0	1
28	Etablissements sportifs privés	0	0

Tableau 4 : liste des usages de la zone

4.1.3.3 Surface utile de la zone

On définit la variable intermédiaire suivante pour chaque groupe :

$$Rat_{gr}^g = \frac{A_{gr}^g}{A_z}, \quad (27)$$

Sachant que la surface utile de la zone est :

$$A_z = \sum_{g \in zone} A_{gr}^g. \quad (28)$$

On définit la surface utile de chaque local :

$$A_l = A_z Rat_{loc}^l. \quad (29)$$

4.1.3.4 Scenarios d'occupation : la zone

Au niveau de la zone, on définit

1. **L'occupation** : la zone peut être occupée ou pas
2. **La mobilité** : fournit l'indice de mobilité nécessaire aux calculs liés aux ascenseurs, aux escalators et également utilisée pour l'éclairage des locaux communs
3. **Le chauffage** : les températures de consigne en chauffage à choisir parmi 3 possibles : normales, en arrêt de moins de 48h, en arrêt de plus de 48h.
4. **Le refroidissement** : les températures de consigne en refroidissement à choisir parmi 3 possibles : normales, en arrêt de moins de 48h, en arrêt de plus de 48h
5. **La ventilation** : Arrêt ou marche des systèmes spécifiques de ventilation
6. **L'éclairage** : Arrêt ou marche de l'éclairage

Chacune de ces 5 grandeurs que l'on dénomme génériquement ici $p_{occ}(m, s, j, h)$ est définie **comme un produit** d'une valeur $p_{occ}^s(j, h)$ qui décrit le comportement hebdomadaire et d'une valeur $p_{occ}^a(m, s)$ qui décrit le comportement annuel. Ce *produit* peut être de deux type : $\times$ et $\otimes$ qui sont décrits par leurs tables de vérité Tableau 5 et Tableau 6.

$\otimes$		$p_{ch, fr}^s(j, h)$		
		-1	0	1
$p_{ch, fr}^a(m, s)$	-1	-1	-1	-1
	0	-1	0	0
	1	-1	0	1

Tableau 5 : Algèbre de Bool modifiée pour les autorisations de chauffage/refroidissement symbolisée par $\otimes$

$\times$		$p_{ch, fr}^s(j, h)$	
		0	1
$p_{ch, fr}^a(m, s)$	0	0	0
	1	0	1

Tableau 6 : Algèbre de bool ET symbolisée par $\times$

4.1.3.5 Apports internes : le local

Les renseignements au niveau de la zone sont qualitatifs uniquement. Ils ne définissent pas *combien* de personnes occupent une zone, mais uniquement si elle est occupée. Ce type d'information est rentré au niveau du *local*. Un local est caractérisé par un ratio de surface utile, une valeur maximale du nombre d'occupants par unité de surface, une valeur maximale d'apport de chaleur par unité de surface lié aux usages et une valeur maximale d'apport d'humidité par unité de surface lié aux usages.

La stratégie est similaire à la zone. On définit de manière générique un réel, pouvant varier de 0 à 1, $t_{int}(m, s, j, h)$ qui dénote les pondérations pour chacune des trois grandeurs de manière générique. Il est le *produit standard* d'un $t_{int}(j, h)$ pouvant varier de 0 à 1 et d'un $t_{int}(m, s)$ valant 0 ou 1 qui décrit un comportement moins fin.

4.1.3.6 Calcul des sorties

Le cœur de calcul a besoin des sorties suivantes :

1. Indicateurs relatifs au type d'usage
2. Vecteur de mobilité
3. Températures de consignes de chauffage
4. Température de consigne de refroidissement
5. Nombre d'occupants
6. Apports internes de chaleur hors occupants et éclairage
7. Apports d'humidité hors occupants et éclairage
8. Indice d'occupation de la zone
9. Indicateur de ventilation en occupation ou inoccupation
10. La mise en marche du système d'éclairage.

4.1.3.6.1 Températures de consignes

On dispose d'un jeu de 3 températures de consignes en chauffage et de trois températures de consigne en refroidissement définies au niveau de la zone. Un jeu pour l'occupation standard, un jeu pour l'inoccupation de moins de 48h, et un jeu pour une inoccupation de plus de 48h. L'algèbre de calcul de $p_{ch, fr}(m, s, j, h)$ est la suivante :

$$\begin{cases} \theta_{iich} = \theta_{iich}^- \text{ si } p_{ch}(m, s, j, h) = p_{ch}^a(m, s) \otimes p_{ch}^s(j, h) = -1 \\ \theta_{iifr} = \theta_{iifr}^- \text{ si } p_{fr}(m, s, j, h) = p_{fr}^a(m, s) \otimes p_{fr}^s(j, h) = -1 \\ \theta_{iich} = \theta_{iich}^0 \text{ si } p_{ch}(m, s, j, h) = p_{ch}^a(m, s) \otimes p_{ch}^s(j, h) = 0 \\ \theta_{iifr} = \theta_{iifr}^0 \text{ si } p_{fr}(m, s, j, h) = p_{fr}^a(m, s) \otimes p_{fr}^s(j, h) = 0 \\ \theta_{iich} = \theta_{iich}^+ \text{ si } p_{ch}(m, s, j, h) = p_{ch}^a(m, s) \otimes p_{ch}^s(j, h) = 1 \\ \theta_{iifr} = \theta_{iifr}^+ \text{ si } p_{fr}(m, s, j, h) = p_{fr}^a(m, s) \otimes p_{fr}^s(j, h) = 1 \end{cases} \quad (30)$$

4.1.3.6.2 Calcul du vecteur de mobilité Uk

A partir des éléments fournis dans les tableaux descriptifs de la mobilité pour l'usage de la zone, on obtient le vecteur de mobilité par la formule suivante :

$$Uk(m, s, j, h) = (p_{mob}^a(m, s) \times p_{mob}^s(j, h)), \quad (31)$$

4.1.3.6.3 Calcul de N_{occ}

4.1.3.6.3.1 Calcul en maison individuelle (ou accolée) et logement collectif

Pour ces deux usages particuliers, on effectue alors le calcul suivant du nombre d'adultes équivalents N_{adeq} comme suit :

- **En usage « Bâtiment à usage d'habitation – maison individuelle et accolée » :**

$$A_{lgt} = \frac{A_z}{Nb_{lgt}}$$

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt} < 30m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (70 - A_{lgt}) & \text{si } 30m^2 \leq A_{lgt} \leq 70m^2 \\ 0.025 A_{lgt} & \text{si } A_{lgt} \geq 70m^2 \end{cases} \quad (32)$$

Et

$$N_{adeq} = Nb_{lgt} * \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases}$$

- **En usage « Bâtiment à usage d'habitation – logement collectif » :**

Dans ces usages, il ne peut y avoir que deux locaux, un d'habitation, et un autre de circulation. On calcule la surface habitable qui est la surface du local d'habitation :

$$A_{hab} = Rat_{hab} A_z, \quad (33)$$

où Rat_{hab} correspond au Rat_1 du local d'habitation. On calcule ensuite la surface moyenne par logement :

$$A_{lgt} = \frac{A_{hab}}{Nb_{lgt}} \quad (34)$$

Cette surface est utilisée pour calculer N_{max} comme suit :

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt} < 10m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (50 - A_{lgt}) & \text{si } 10m^2 \leq A_{lgt} \leq 50m^2 \\ 0.035 A_{lgt} & \text{si } A_{lgt} \geq 50m^2 \end{cases} \quad (35)$$

Le nombre maximal d'adultes équivalents est défini par

$$N_{adeq} = Nb_{lgt} * \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases} \quad (36)$$

Le nombre d'adultes équivalents est défini au niveau du local. On commence par calculer la possibilité d'occupation au niveau de la zone en suivant l'algèbre $\times$.

Le nombre d'occupants du local d'habitation hab est donné par :

$$N_{occ}^{hab}(m, s, j, h) = N_{adeq} \cdot (p_{occ}^a(m, s) \times p_{occ}^s(j, h)) \cdot (t_{occ}^a(m, s) \cdot t_{occ}^s(j, h)), \quad (37)$$

et est nul pour l'autre local.

4.1.3.6.3.2 Calcul dans les autres usages

$$N_{occ}^l(m, s, j, h) = A_l N_{occ\_nom}^l \cdot (p_{occ}^a(m, s) \times p_{occ}^s(j, h)) \cdot (t_{occ}^a(m, s) \cdot t_{occ}^s(j, h)) \quad (38)$$

4.1.3.6.4 Calcul des apports internes dus aux occupants

Les apports internes de chaleur sont :

$$\begin{aligned} \varphi_{int\_occ, conv}^g(m, s, j, h) &= Rat_{gr}^g \alpha_{conv} \sum_l N_{occ}^l(m, s, j, h) \times Q_{max\_occ}^l \\ \varphi_{int\_occ, rad}^g(m, s, j, h) &= Rat_{gr}^g (1 - \alpha_{conv}) \sum_l N_{occ}^l(m, s, j, h) \times Q_{max\_occ}^l \end{aligned} \quad (39)$$

Les apports internes d'humidité sont :

$$\omega_{int\_occ}^g(m, s, j, h) = Rat_{gr}^g \sum_l N_{occ}^l(m, s, j, h) \times \omega_{max\_occ}^l \quad (40)$$

4.1.3.6.5 Apports internes de chaleur dus aux usages

Le calcul des apports internes de chaleurs se fait uniquement au niveau du local :

$$\begin{aligned} \varphi_{int, conv}^l(m, s, j, h) &= A_l \alpha_{conv} Q_{max\_proc}^l \cdot (t_{ch}^a(m, s) \cdot t_{ch}^s(j, h)) \\ \varphi_{int, rad}^l(m, s, j, h) &= A_l (1 - \alpha_{conv}) Q_{max\_proc}^l \cdot (t_{ch}^a(m, s) \cdot t_{ch}^s(j, h)) \end{aligned} \quad (41)$$

On calcule aussi les apports internes de chaleur au groupe g en sommant sur l'ensemble des locaux des groupes :

$$\begin{aligned} \varphi_{int, conv}^g(m, s, j, h) &= Rat_{gr}^g \sum_l \varphi_{int, conv}^l(m, s, j, h) \\ \varphi_{int, rad}^g(m, s, j, h) &= Rat_{gr}^g \sum_l \varphi_{int, rad}^l(m, s, j, h) \end{aligned} \quad (42)$$

4.1.3.6.6 Apports internes d'humidité dus aux usages

Le calcul des apports internes d'humidité se fait uniquement au niveau du local :

$$\omega_{int}^l(m, s, j, h) = A_l \omega_{max\_proc}^l \cdot (t_{\omega}^a(m, s) \cdot t_{\omega}^s(j, \square)) \quad (43)$$

Et

$$\omega_{int}^g(m, s, j, h) = Rat_{gr}^g \sum_l \omega_{int}^l(m, s, j, h) \quad (44)$$

4.1.3.6.7 Ventilation

L'indicateur de ventilation en occupation ou inoccupation se décide au niveau de la zone :

$$I_{vent}(m, s, j, h) = (p_{vent}^a(m, s) \times p_{vent}^s(j, h)) \quad (45)$$

4.1.3.6.8 Clé de répartition horaire pour les besoins d'ECS

La clé de répartition ah , pour attribuer à chaque pas de temps un pourcentage des besoins d'ECS hebdomadaires, se décide au niveau de la zone :

$$ah(m, s, j, h) = (p_{ECS}^a(m, s) \times p_{ECS}^s(j, h)) \quad (46)$$

4.1.3.6.9 Indicateur de fonctionnement de l'ECS

Pendant les vacances des zones dont l'usage est affilié à l'enseignement, l'éventuel réseau primaire d'ECS est arrêté.

Si $i_{enseignement} = 1$ et $i_{vac} = 0$, alors

$$i_{ecs}(j) = 0$$

Sinon

$$i_{ecs}(j) = 1$$

(47)

4.1.3.6.10 Indicateur de vacances

$$I_{vac}(m, s, j, h) = (p_{occ}^a(m, s)) \quad (48)$$

4.1.3.6.11 Indicateur d'occupation de la zone

$$I_{occ\_zone}(m, s, j, h) = (p_{occ}^a(m, s) \times p_{occ}^s(j, h)) \quad (49)$$

4.1.3.6.12 Indicateur d'occupation pour la gestion des protections mobiles

$$p_{occ\_gpm}^a(m, s) = \begin{cases} 1 & \text{si } p_{occ}^a(m, s) = 1 \\ -1 & \text{si } p_{occ}^a(m, s) = 0 \end{cases} \quad (50)$$

$$p_{occ\_gpm}^s(j, h) = \begin{cases} 1 & \text{si } p_{occ}^s(j, h) = 1 \\ -1 & \text{si } p_{occ}^s(j, h) = 0 \end{cases} \quad (51)$$

Pour tout j

Pour h_{deb} de 7 à 22

$$\text{Si } p_{occ}^s(j, h_{deb}) = 0 \text{ et } p_{occ}^s(j, h_{deb} - 1) = 1$$

Pour h_{fin} de h_{deb} à 22

$$\text{Si } p_{occ}^s(j, h_{fin}) = 0 \text{ et } p_{occ}^s(j, h_{fin} + 1) = 1$$

Pour h de h_{deb} à h_{fin}

$$p_{occ\_gpm}^s(j, h) = p_{occ}^s(j, h)$$

$$I_{occ\_gpm}(m, s, j, h) = (p_{occ\_gpm}^a(m, s) \otimes p_{occ\_gpm}^s(j, h)) \quad (53)$$

Dans l'équation (53), on utilise l'algèbre de Bool du Tableau 5.

4.1.3.6.13 Eclairage

La mise en marche de l'éclairage se décide au niveau de la zone

$$I_{ect}(m, s, j, h) = \left(p_{light}^a(m, s) \times p_{light}^s(j, h) \right) \quad (54)$$

4.1.3.6.14 Renvois des indicateurs nécessaires pour la relance

L'information d'arrêt de plus ou moins 48h permet de déterminer les scénarios de relance en distinguant les cas de relance quotidienne en semaine et de relance après une période d'absence prolongée.

$$\begin{aligned} \rho_{ch\_s}(h) &= p_{ch}^s(j, h) \\ P_{fr\_s}(h) &= p_{fr}^s(j, h) \end{aligned} \quad (55)$$

4.2 FA_Maison_individuelle_Logement_Collectif

4.2.1 PREAMBULE

Cette partie apporte des précisions sur la prise en compte des bâtiments à usage d'habitation. Il s'agit

- de préciser les termes qui définissent un bâtiment à usage « maison individuelle ou accolée » ou à usage de « logement collectif d'habitation »
- et de préciser les modalités d'application.

4.2.2 DEFINITIONS COMPLEMENTAIRES

- Parois mitoyennes

On considère que des parois sont mitoyennes entre deux bâtiments si leurs deux faces sont en contact avec des **locaux chauffés**. Ces parois peuvent être aussi bien verticales qu'horizontales.

En présence d'un joint de dilatation permettant une circulation d'air traversante entre les deux bâtiments, ceux-ci ne peuvent pas être considérés comme mitoyens. Dans le cas où il n'y a pas de circulation d'air entre les deux bâtiments, cas du joint de dilatation complètement fermé de l'extérieur, on considère les bâtiments mitoyens.

- Logements superposés

Des logements sont superposés **entre eux** si la surface de leurs parois mitoyennes horizontales est supérieure à 15 m². *(Cette règle est construite par analogie avec la règle sur l'accolement de bâtiments)*

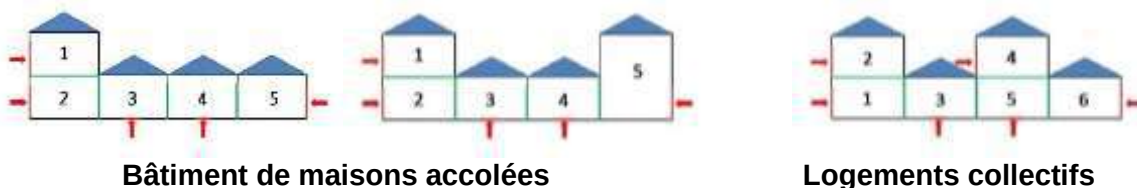
- Bâtiment collectif d'habitation

Pour constituer un bâtiment collectif d'habitation, le bâtiment dans son ensemble comporte plus de deux logements **superposés** (voir schéma ci-dessous)

- Bâtiment de maisons accolées

Pour constituer un « bâtiment de maisons accolées » le bâtiment dans son ensemble comporte au **moins deux logements accolés ET au maximum un logement superposé à d'autres logements**.

Exemples :



Constitue également un bâtiment de maisons accolées un bâtiment constitué de deux logements accolés sans entrée commune (cas des maisons jumelles).

- Porte d'entrée de bâtiment de « maison individuelle »

Pour constituer un bâtiment de « maison individuelle » composé de deux logements non superposés, la porte d'entrée commune à ces deux logements donne sur un espace commun clos et couvert : hall, sas, couloir, cage d'escalier fermée, ... Les portes d'accès à des espaces (privatifs ou non) à l'air libre ne sont pas considérés comme disposant d'une porte d'entrée de bâtiment au sens de la RT2012.

4.2.3 MODALITES D'APPLICATION

- **Unicité de la catégorie d'usage**

La **caractérisation de l'usage** d'une zone au sein d'un bâtiment (maison individuelle ou accolée, habitat collectif) **est unique** et conduit à appliquer l'ensemble des exigences qui s'y rattachent (C_{max} , $B_{bio_{max}}$, T_{icref} , perméabilité à l'air, ...)

ATTENTION : les exigences sur les bâtiments collectifs et les maisons individuelles sont différentes (coefficient M_{bsurf} , M_{csurf} , perméabilité, production d'énergie par une EnR, ...)

- **Cas où le calcul peut être réalisé par partie de bâtiment**

Le calcul du Cep et du $Bbio$ est effectué au niveau du bâtiment. Lorsqu'un bâtiment comporte des usages différents, les Cep_{max} et $Bbio_{max}$ sont définis au niveau de chaque zone et pondérés en fonction de la $SHON_{RT}(SRT)$ des différentes zones qui composent le bâtiment pour constituer les Cep_{max} et du $Bbio_{max}$ du bâtiment

Toutefois, et bien que pénalisant, il est possible d'effectuer un calcul pour chaque partie de bâtiment en particulier dans les cas suivants :

- accollement de deux bâtiments ;
- bâtiment de maisons accolées ;
- labellisation différente.

Remarque importante : la décomposition d'un calcul d'un même bâtiment en plusieurs parties ne doit pas conduire à modifier l'usage des différentes parties du bâtiment. Ainsi un bâtiment à usage collectif d'habitation ne peut pas contenir des parties à usage de maison individuelle groupée voir de maison individuelle.

4.2.4 COMMENT DETERMINER LE TYPE DE BATIMENT D'HABITATION ?

La démarche s'effectue en 2 étapes :

1ere étape : identifier les bâtiments

Pour former un bâtiment d'habitation il faut regrouper tous les logements qui sont soit accolés soit superposés ou les deux à la fois.

2eme étape : identifier le type d'habitation.

Un bâtiment à usage d'habitation peut être un bâtiment collectif, une maison individuelle ou un bâtiment de maisons groupées. Pour chaque bâtiment la démarche est la suivante :

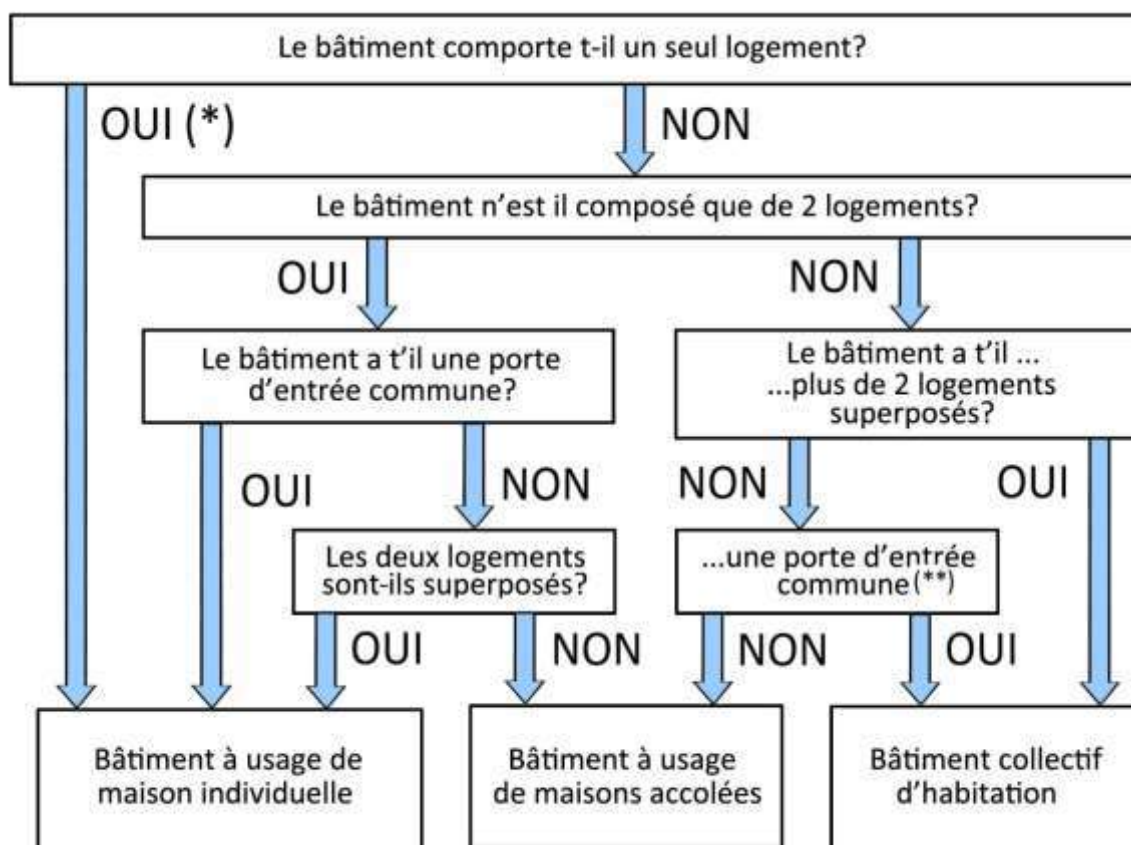


Figure 11 – schéma d'identification de l'usage du bâtiment

(*) Remarque : un logement de fonction dans un bâtiment à usage autre que d'habitation constitue soit une zone à usage collectif d'habitation, soit prend l'usage du bâtiment à usage autre que d'habitation auquel il appartient, dans les conditions prévues à l'article 2 du présent arrêté.

(**) Porte d'entrée commune à l'ensemble des logements.

4.2.5 EXEMPLES

Légende



Porte d'entrée

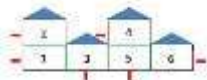
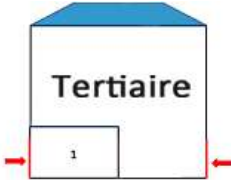


Garage



Mitoyenneté (>15m²)

cas	Schéma	Configuration architecturale	Paroi verticales mitoyenne (>15 m²)	Logements superposés (>15m²)	Porte entrée commune	Nombre et usage du bâtiment
1		Bâtiment de 2 logements superposés	NON	OUI 2 logements	NON	1 bâtiment de maison individuelle
2		2 logements avec entrée commune	OUI	NON	OUI	1 bâtiment de maison individuelle
3		2 logements accolés sans entrée commune	OUI	NON	NON	1 bâtiment de maisons accolées
4		N logements individuels en bande en contact par leurs locaux chauffés	OUI	NON	NON	1 seul bâtiment de maisons accolées
5		N logements individuels en bande séparés par des garages	NON	NON	NON	N bâtiments de maison individuelle
6		Bâtiment de 4 logements accolés avec entrée par logement	OUI (si au moins 3 des parois mitoyennes de plus de 15 m²)	NON	NON	1 bâtiment de maisons accolées
7		Bâtiment de 4 logements dont 2 superposés	OUI	OUI 2 logements	NON	1 bâtiment de maisons accolées
8		Logements superposés 2 à 2 et accolés avec accès par coursi	OUI	OUI	NON	1 bâtiment collectif d'habitation

cas	Schéma	Configuration architecturale	Paroi verticales mitoyenne (>15 m²)	Logements superposés (>15m²)	Porte entrée commune	Nombre et usage du bâtiment
9		Bâtiment de 3 logements superposés	-	OUI	NON	1 bâtiment collectif d'habitation
10		Bâtiment de 4 logements dont 3 superposés	OUI	OUI	NON	1 bâtiment collectif d'habitation
11		Bâtiment de 6 logements dont 4 superposés	OUI	OUI	NON	1 bâtiment collectif d'habitation
12		Bâtiment de tertiaire avec 1 logement de fonction	OUI	NON	NON	Le logement est soit traité en tant que LC d'habitation, ou rattaché à l'usage tertiaire

4.3 FA_Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée

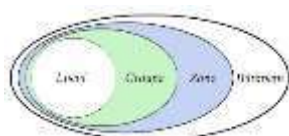
4.3.1 PREAMBULE

La fiche algorithme sur les scénarios conventionnels liste les usages pris en compte dans la RE2020. Cette partie précise la méthode de détermination de l'usage d'un bâtiment.

4.3.2 QUELLES SONT LES CONVENTIONS D'USAGE ?

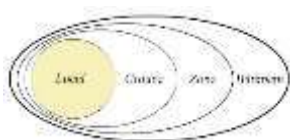
Le choix d'un usage adéquat est primordial pour appliquer la réglementation environnementale 2020 puisque celui-ci permet de définir plusieurs données de scénarios conventionnelles.

- Au niveau d'une zone ou d'un groupe, l'usage détermine :



- Plage d'occupation
- Horaire de chauffage et refroidissement
- Horaire d'éclairage
- Horaire de ventilation
- Température de consigne en chaud
- Température de consigne en froid
- (indirectement) accès aux modes de gestion des protections mobiles
- Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C I/U

- Le type de local au sein d'un groupe permet d'affiner des données d'occupation :



- Ratio de surface utile du local sur la surface utile du groupe (%) (Ratel)
- Nombre d'occupants nominal par m² utile
- Apports internes en occupation (hors éclairage) W/m²
- Apports internes hors occupation (équipements hors éclairage) W/m²

4.3.3 COMMENT IDENTIFIER L'USAGE D'UN BATIMENT ET L'EXIGENCE ASSOCIEE ?

L'application de la RE2020 s'effectue bâtiment par bâtiment. Les niveaux de performance requis (Bbio_{max}, Cep_{max}, ...) sont déterminés en fonction de l'usage des zones du bâtiment. Il convient alors d'identifier les différents usages présents dans un bâtiment en procédant comme suit :

- 1) **Identifier les bâtiments** en considérant les bâtiments accolés comme bâtiment unique (*deux bâtiments sont dits accolés s'ils sont juxtaposés et liés par des parois mitoyennes, dont la surface de contact est d'au moins 15m² pour les maisons et 50m² pour les autres bâtiments*)
- 2) **Identifier les bâtiments ou parties de bâtiment exclus de la RE2020 :**
- 3) **Identifier**, de manière globale le ou les usage(s) issue(s) de la liste de la méthode Th-BCE qui caractérise au mieux la destination du bâtiment.
- 4) **Identifier les types de locaux** (à partir de la liste ci-dessous) présents dans le bâtiment. Lorsqu'un local associé ne figure pas dans la liste, on utilise un local ayant le niveau d'apports internes le plus proche.
- 5) **Constituer**, pour chaque bâtiment, la(les) **zone(s)** composée(s) de tout les groupes ayant le même usage et, pour certains usages, les groupes ayant le même fonctionnement (partie jour ou partie nuit, catégorie d'hôtel,...). Les zones peuvent être constituées de locaux non contigus.

4.4 FA_Extension_de_bâtiment

Les types de travaux listés ci-après sont considérés comme de la construction de parties de bâtiment :

- Une partie de bâtiment construite créant de nouveaux locaux, accolée à un bâtiment existant, et communiquant directement avec celui-ci,
- Un étage ajouté à un bâtiment existant,
- Un aménagement de combles existants d'une maison conduisant à devoir surélever le faîtage de la toiture d'au moins 1,8 mètre.

À l'inverse, les types de travaux listés ci-après ne sont pas considérés comme de la construction de parties de bâtiment :

- L'aménagement de combles existants d'une maison sans modification de l'enveloppe du bâtiment,
- La création d'un plancher intermédiaire dans une enveloppe de bâtiment existant non modifiée,
- L'aménagement d'un local existant sans création ni reconstruction de paroi, notamment dans le cas d'un changement de destination au sens du code de l'urbanisme (ex : grange accolée à une maison et transformée en pièce habitable, aménagement d'un garage en pièce habitable).

4.5 C_Ein_Indicateurs de confort

4.5.1 INTRODUCTION

Le présent composant a pour objectif de déterminer à chaque pas si la température opérative intérieure du groupe se trouve dans l'intervalle correspondant au confort des occupants.

La limite basse de cet intervalle correspondant à la température de consigne de chauffage telle que définie dans les scénarios de la zone d'appartenance du groupe.

La limite haute de cet intervalle peut prendre des valeurs différentes selon qu'on considère la situation d'un groupe refroidi par un système de climatisation ou rafraîchi par surventilation naturelle. Dans ce deuxième cas de surventilation naturelle, 3 catégories d'ambiance intérieure échelonnées sont distinguées : la limite haute en température, notée $\theta_{op\_inc\_max}$, est alors dépendante de la moyenne glissante de la température extérieure θ_{rm} pour le jour j .

Ci-dessous une représentation des différentes zones de températures opératives en fonction de θ_{rm} pour des températures de consigne classiques de 19°C et 26°C.

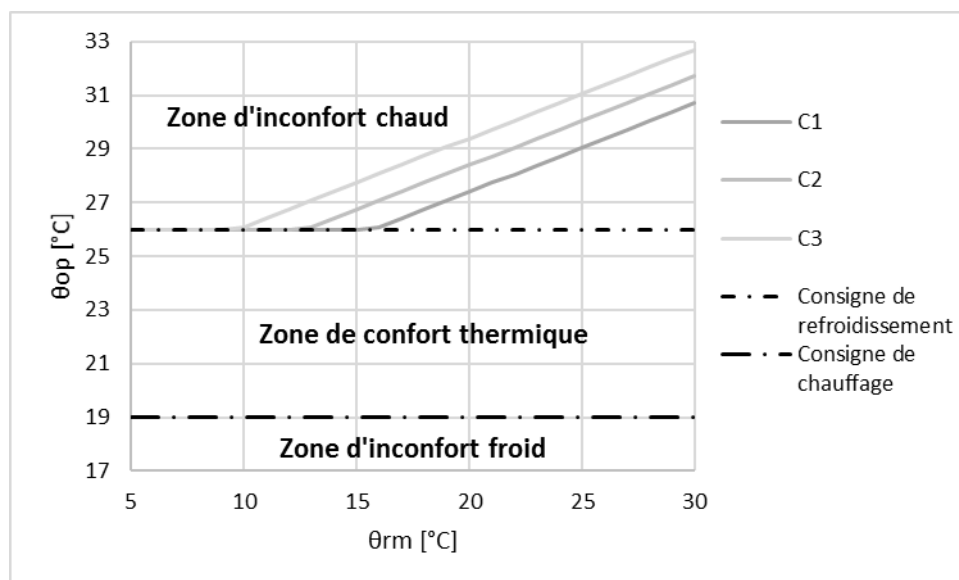


Figure 12: Confort et inconfort thermique de l'occupant

Les sorties de la présente fiches sont de deux natures : indicateurs d'inconfort d'une part, et écarts aux limites de température d'inconfort d'autre part.

4.5.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 7** donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, et j le jour de simulation correspondant.

Entrées du composant						
Nom		Description	Uni			
Zone	I_{HJ}	Heure du jour.	h			
	$\{\theta_{ei}(h)\}_{j-1}$	Valeurs des températures extérieures sur l'ensemble du jour précédent.	°C			
	$i_{occ\_zone}(h)$	Indicateur traduisant l'occupation au temps h : <i>1 : en occupation</i> <i>0 : en inoccupation</i>	Ent			
	$\theta_{ich}(h)$	Température de consigne de chauffage du groupe au pas de temps h.	°C			
	$\theta_{iifr}(h)$	Température de consigne de refroidissement du groupe au pas de temps h.	°C			
	$\theta_{op,moy(0;0)}(h)$	Température intérieure opérative moyenne ressentie, du groupe considéré, à puissances des systèmes nulles, au pas de temps h.	°C			
Paramètres intrinsèques						
Nom		Description	Uni	Min	Max	Conv.
	$\Delta\theta_{op\_inc\_C1}$	Paramètres conventionnels intervenant dans la définition de $\theta_{op\_inc\_max}$, en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C	$-\infty$	$+\infty$	2
	$\Delta\theta_{op\_inc\_C2}$					3
	$\Delta\theta_{op\_inc\_C3}$					4
Sorties						
Nom		Description	Uni			
Groupe	$i_{inconf\_cons,ch}(h)$	Indicateur d'inconfort froid déterminé par rapport à la température de consigne de chauffage θ_{iich} . <i>1 : occupation, inconfort froid,</i> <i>0 : occupation, pas d'inconfort froid,</i> <i>-1 : inoccupation.</i>	Ent			

$i_{inconf\_cons,fr}(h)$	Indicateur d'inconfort chaud déterminé par rapport à la température de consigne de refroidissement θ_{iifr} . 1: occupation, inconfort chaud, 0 : occupation, pas d'inconfort chaud, -1: inoccupation.	Ent
$i_{inconf\_C1,fr}(h)$	Indicateur d'inconfort chaud déterminé par rapport au seuil d'inconfort en catégorie d'ambiance 1. 1: occupation, inconfort chaud, 0 : occupation, pas d'inconfort chaud, -1: inoccupation.	Ent
$i_{inconf\_C2,fr}(h)$	Indicateur d'inconfort chaud déterminé par rapport au seuil d'inconfort en catégorie d'ambiance 2. 1: occupation, inconfort chaud, 0 : occupation, pas d'inconfort chaud, -1: inoccupation.	Ent
$i_{inconf\_C3,fr}(h)$	Indicateur d'inconfort chaud déterminé par rapport au seuil d'inconfort en catégorie d'ambiance 3. 1: occupation, inconfort chaud, 0 : occupation, pas d'inconfort chaud, -1: inoccupation.	Ent
$\Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h)$	Ecart à la température de consigne de refroidissement en situation d'inconfort chaud.	°C
$\Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h)$	Ecart à la température de consigne de chauffage en situation d'inconfort froid.	°C
$\Delta\theta_{op\_inc\_C1,fr}(h)$ $\Delta\theta_{op\_inc\_C2,fr}(h)$ $\Delta\theta_{op\_inc\_C3,fr}(h)$	Ecart à la température de confort, en situation d'inconfort froid, et en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3	°C
$Nbh_{inc\_cons,ch}$	Nombre d'heures d'inconfort froid (en période d'occupation) déterminé par rapport à la température de consigne de chauffage θ_{iich} .	h
$Nbh_{inc\_cons,fr}$	Nombre d'heures d'inconfort chaud en période d'occupation déterminé par rapport à la température de consigne de chauffage θ_{iifr} .	h
$Nbh_{inc\_C1,fr}$ $Nbh_{inc\_C2,fr}$ $Nbh_{inc\_C3,fr}$	Nombre d'heures d'inconfort chaud en période d'occupation déterminé par rapport au seuil d'inconfort en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	h
$DH_{inc\_cons,ch}$	Nombre de degrés-heures d'inconfort froid en période d'occupation déterminé par rapport à la température de consigne de chauffage θ_{iich} .	K.h

$DH_{inc\_cons,fr}$	Nombre de degrés-heures d'inconfort chaud en période d'occupation déterminé par rapport à la température de consigne de chauffage θ_{iifr} .	K.h
$DH_{inc\_C1,fr}$ $DH_{inc\_C2,fr}$ $DH_{inc\_C3,fr}$	Nombre de degrés-heures d'inconfort chaud en période d'occupation déterminé par rapport au seuil d'inconfort en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3	K.h

Variables internes

Nom	Description	Uni
$\theta_{rm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C
$\theta_{rm}(j-1)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j-1.	°C
$\theta_{ei,moy}(j)$	Température moyenne extérieure journalière valable au jour j (calculée sur l'ensemble des températures horaires du jour j-1).	°C
$\theta_{op\_inc\_max\_C1}(h)$ $\theta_{op\_inc\_max\_C2}(h)$ $\theta_{op\_inc\_max\_C3}(h)$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C

Tableau 7 : Nomenclature du modèle

4.5.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

4.5.3.1 Inconfort froid

On considère que l'état d'inconfort froid est atteint lorsque la température opérative moyenne ressentie par les occupants, à puissances des systèmes nulles, devient inférieure à la température de consigne de chauffage θ_{iich} pour le groupe.

La notion d'inconfort ne concerne que les périodes d'occupation du groupe.

$$\begin{aligned} & \text{Si } i_{occ\_zone}(h) = 1, \\ & \quad \text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) < \theta_{iich}(h) \text{ (en occupation et en inconfort froid), alors,} \\ & \quad \quad i_{inconf,ch}(h) = 1 \\ & \quad \text{Sinon, (en occupation mais sans inconfort froid)} \\ & \quad \quad i_{inconf,ch}(h) = 0 \\ & \quad \text{Sinon, (en inoccupation)} \\ & \quad \quad i_{inconf,ch}(h) = -1 \end{aligned} \tag{56}$$

4.5.3.2 Inconfort chaud

On considère que l'état d'inconfort chaud est atteint lorsque la température opérative moyenne ressentie par les occupants, à puissances des systèmes nulles, devient supérieure à une valeur seuil.

Ce seuil maximal peut être déterminé par deux méthodes différentes :

- Soit il est égal à la température de consigne de refroidissement $\theta_{iifr}(h)$ du groupe au pas de temps considéré,
- Soit il est calculé en prenant en compte les aspects psychosociologiques (capacité d'agir manuellement sur les conditions intérieures, « mémoire » thermique...), l'adaptation de la vêtue et le possible impact des vitesses de circulation d'air. La méthode employée pour tenir compte de ces facteurs exploite la moyenne glissante journalière des températures extérieures $\theta_{tm}(j)$, et fait appel à une classification du groupe en catégorie d'ambiance thermique (1, 2 ou 3), telle que définie dans la norme NF EN 16798-1. Cette méthode donne ainsi lieu à 3 calculs de seuil maximal de confort, différant d'une constante.

La présente fiche réalise les tests pour les quatre situations, et renvoie donc quatre informations différentes sur l'inconfort chaud.

4.5.3.2.1 Calculs intermédiaires pour l'inconfort chaud en surventilation naturelle

Dans un premier temps, on calcule $\theta_{rm}(j)$, la moyenne glissante au jour j de la température extérieure. Cette moyenne est calculée au premier pas de temps du jour j (h tel que IHJ=1) et reprise pour l'ensemble des autres pas de temps du jour.

Si $j = 1$,

$$\theta_{rm}(j) = 0$$

Sinon,

$$\begin{aligned} \theta_{ei,moy}(j) &= \frac{\sum_{j-1} \theta_{ei}(h)}{24} \\ \theta_{rm}(j) &= 0.8 \times \theta_{rm}(j-1) + 0.2 \times \theta_{ei,moy}(j) \end{aligned} \quad (57)$$

Dans un second temps, on détermine les valeurs de $\Delta\theta_{op\_inc}$ à utiliser dans le calcul des $\theta_{op\_inc\_max}$, seuil d'inconfort maximal de température opérative ressentie pour les trois catégories d'ambiance. Les formules de calcul des $\theta_{op\_inc\_max}$ sont les suivantes : un second temps, on détermine les valeurs de $\Delta\theta_{op\_inc}$ à utiliser dans le calcul des $\theta_{op\_inc\_max}$, seuil d'inconfort maximal de température opérative ressentie pour les trois catégories d'ambiance. Les formules de calcul des $\theta_{op\_inc\_max}$ sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \theta_{op\_inc\_max\_C1}(h) &= \text{MAX}(\theta_{iifr}(h); 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_C1}) \\ \theta_{op\_inc\_max\_C2}(h) &= \text{MAX}(\theta_{iifr}(h); 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_C2}) \\ \theta_{op\_inc\_max\_C3}(h) &= \text{MAX}(\theta_{iifr}(h); 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_C3}) \end{aligned} \quad (58)$$

Ci-dessous une représentation graphique de l'évolution de $\theta_{op\_inc\_max}$ en fonction de θ_{rm} , pour une température de consigne de refroidissement de 26°C.

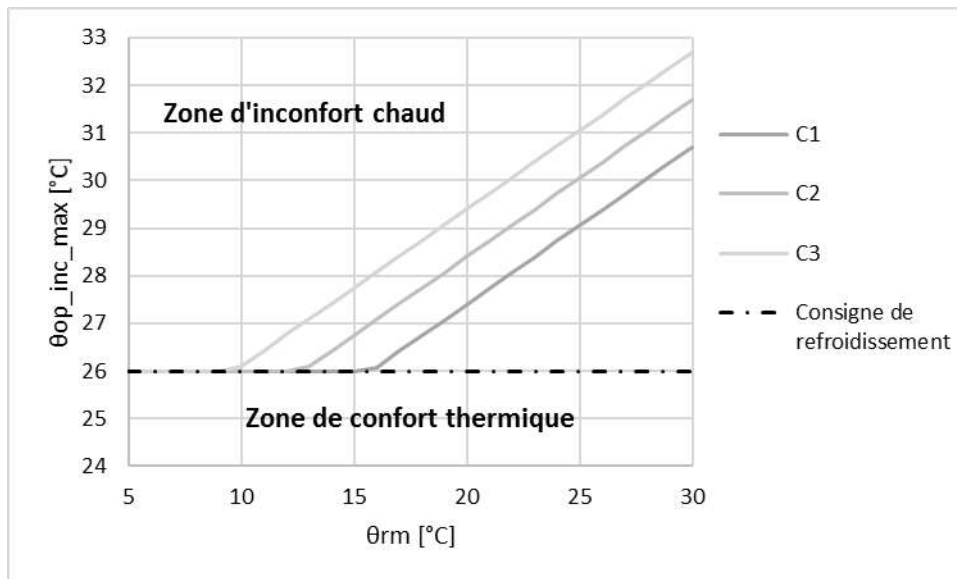


Figure 13: Limite haute de la zone de confort thermique en fonction des catégories d'ambiance

4.5.3.2.2 Test par rapport aux critères d'inconfort chaud

Si $i_{occ\_zone}(h) = 1$, alors, (en occupation)

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{iifr}(h), \\ i_{inconf\_cons,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf\_cons,fr}(h) = 0$$

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{op\_inc\_max\_C1}(h), \\ i_{inconf\_C1,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf\_C1,fr}(h) = 0$$

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{op\_inc\_max\_C2}(h), \\ i_{inconf\_C2,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf\_C2,fr}(h) = 0$$

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{op\_inc\_max\_C3}(h), \\ i_{inconf\_C3,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf\_C3,fr}(h) = 0$$

(59)

Sinon, (en inoccupation)

$$i_{inconf\_cons,fr}(h) = -1$$

$$i_{inconf\_C1,fr}(h) = -1$$

$$i_{inconf\_C2,fr}(h) = -1$$

$$i_{inconf\_C3,fr}(h) = -1$$

4.5.3.3 Calcul des écarts aux critères d'inconfort

Les écarts aux critères d'inconfort ne sont non-nuls que lorsque les conditions d'inconfort chaudes ou froides sont remplies. Ces écarts servent de base à la définition des périodes d'autorisation de chauffage et de refroidissement.

$$\Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h) = i_{inconf\_cons,ch} \times \frac{i_{inconf\_cons,ch} + 1}{2} \times |\theta_{iich}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \quad (60)$$

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h) &= i_{inconf\_cons,fr} \times \frac{i_{inconf\_cons,fr} + 1}{2} \times |\theta_{iifr}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \\ \Delta\theta_{op\_inc\_C1,fr}(h) &= i_{inconf\_C1,fr} \times \frac{i_{inconf\_C1,fr} + 1}{2} \\ &\quad \times |\theta_{op\_inc\_max\_C1}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \\ \Delta\theta_{op\_inc\_C2,fr}(h) &= i_{inconf\_C2,fr} \times \frac{i_{inconf\_C2,fr} + 1}{2} \\ &\quad \times |\theta_{op\_inc\_max\_C2}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \end{aligned} \quad (61)$$

$$\Delta\theta_{op\_inc\_C3,fr}(h) = i_{inconf\_C3,fr} \times \frac{i_{inconf\_C3,fr} + 1}{2} \times |\theta_{op\_inc\_max\_C3}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)|$$

4.5.3.4 Calcul du nombre d'heures d'inconfort

Le nombre d'heures d'inconfort est calculé pour les cinq critères d'inconfort. La variable Nbh est incrémentée de 1 à chaque pas de temps durant lequel l'occupant est en inconfort.

En inconfort froid :

Initialisation : $Nbh_{inc\_cons,ch} = 0$

A chaque pas de temps h ,

$$\begin{aligned} & - \text{si } i_{inconf\_cons,ch}(h) = 1 \\ & \quad Nb h_{inc\_cons,ch} = Nb h_{inc\_cons,ch} + 1 \\ & - \text{sinon } (i_{inconf\_cons,ch}(h) = 0 \text{ ou } -1) \\ & \quad Nb h_{inc\_cons,ch} = Nb h_{inc\_cons,ch} \end{aligned} \tag{62}$$

En inconfort chaud :

Initialisation : $Nbh_{inc\_cons,fr} = 0$

$Nbh_{inc\_C1,fr} = 0$

$Nbh_{inc\_C2,fr} = 0$

$Nbh_{inc\_C3,fr} = 0$

A chaque pas de temps h ,

$$\begin{aligned} & - \text{si } i_{inconf\_cons,fr}(h) = 1 \\ & \quad Nb h_{inc\_cons,fr} = Nb h_{inc\_cons,fr} + 1 \\ & - \text{sinon } (i_{inconf\_cons,fr}(h) = 0 \text{ ou } -1) \\ & \quad Nb h_{inc\_cons,fr} = Nb h_{inc\_cons,fr} \end{aligned}$$

A chaque pas de temps h ,

$$\begin{aligned} & - \text{si } i_{inconf\_C1,fr}(h) = 1 \\ & \quad Nb h_{inc\_C1,fr} = Nb h_{inc\_C1,fr} + 1 \\ & - \text{sinon } (i_{inconf\_C1,fr}(h) = 0 \text{ ou } -1) \\ & \quad Nb h_{inc\_C1,fr} = Nb h_{inc\_C1,fr} \end{aligned} \tag{63}$$

A chaque pas de temps h ,

$$\begin{aligned} & - \text{si } i_{inconf\_C2,fr}(h) = 1 \\ & \quad Nb h_{inc\_C2,fr} = Nb h_{inc\_C2,fr} + 1 \\ & - \text{sinon } (i_{inconf\_C2,fr}(h) = 0 \text{ ou } -1) \\ & \quad Nb h_{inc\_C2,fr} = Nb h_{inc\_C2,fr} \end{aligned}$$

A chaque pas de temps h ,

$$\begin{aligned} & - \text{si } i_{inconf\_C3,fr}(h) = 1 \\ & \quad Nb h_{inc\_C3,fr} = Nb h_{inc\_C3,fr} + 1 \\ & - \text{sinon } (i_{inconf\_C3,fr}(h) = 0 \text{ ou } -1) \\ & \quad Nb h_{inc\_C3,fr} = Nb h_{inc\_C3,fr} \end{aligned}$$

4.5.3.5 Calcul de la somme des degrés-heures d'inconfort

Cette somme exprime les écarts entre la température d'inconfort et la température réelle du groupe sans systèmes de chauffage ni de refroidissement (températures en évolution libre), sur l'ensemble des pas de temps de l'année (8760 heures ici).

En inconfort froid :

$$DH_{inc\_cons,ch} = \sum_h \Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h) \quad (64)$$

En inconfort chaud :

$$\begin{aligned} DH_{inc\_cons,fr} &= \sum_h \Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h) \\ DH_{inc\_C1,fr} &= \sum_h \Delta\theta_{op\_inc\_C1,fr}(h) \\ DH_{inc\_C2,fr} &= \sum_h \Delta\theta_{op\_inc\_C2,fr}(h) \\ DH_{inc\_C3,fr} &= \sum_h \Delta\theta_{op\_inc\_C3,fr}(h) \end{aligned} \quad (65)$$

Note : les résultats fournissent le nombre de degrés-heures d'inconfort en période d'occupation, les écarts de températures étant nuls en période d'inoccupation.

4.6 C_Ein_Détermination des saisons

4.6.1 INTRODUCTION

La fiche détermination des saisons intervient en amont de l'ensemble des calculs du groupe.

Pour un groupe donné, deux saisons différentes interviennent dans le moteur de calcul :

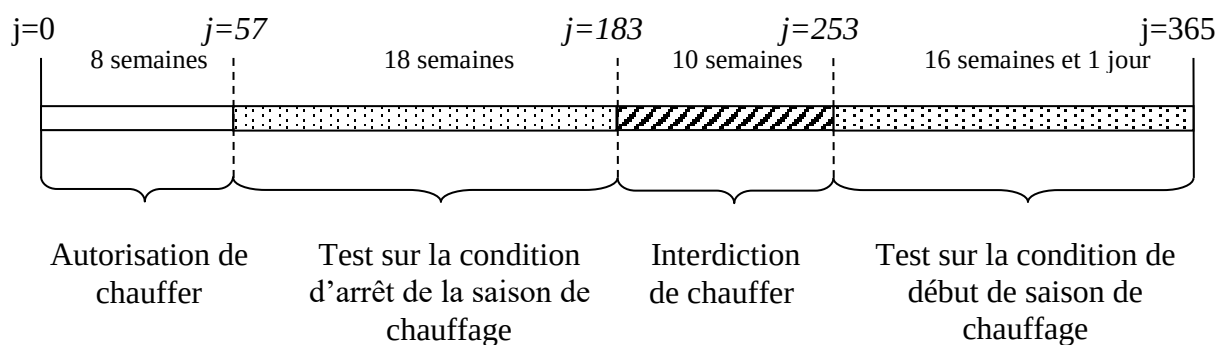
- **Saison propre** : elle conditionne les algorithmes de gestion et de régulation des différents composants du groupe.
- **Saison effective** : elle conditionne le fonctionnement des émetteurs, réseaux de distribution et générateurs de chauffage et/ou refroidissement du groupe. En dehors de la saison effective de chauffage (de refroidissement), l'ensemble des systèmes de chauffage (de refroidissement) sont désactivés : les besoins éventuels transmis par les émetteurs ne sont pas pris en compte.

La présente fiche ne traite que la procédure relative aux saisons propres.

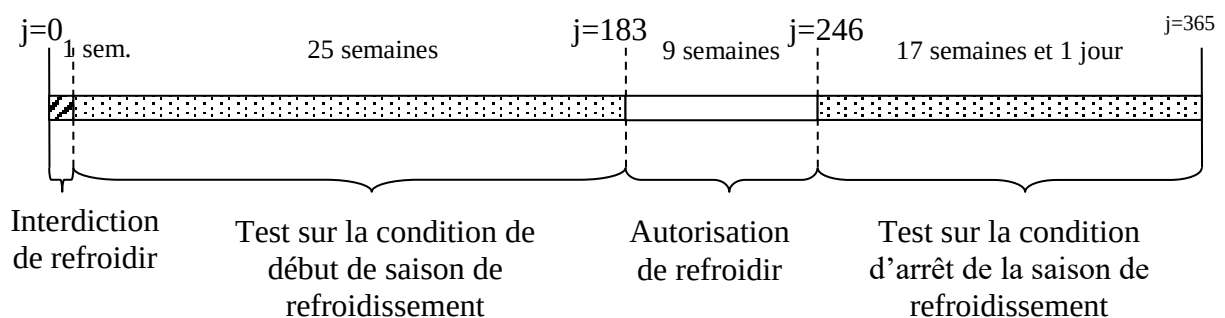
La saison effective est une combinaison des saisons propres des différents groupes connectés à une même génération au travers de leurs réseaux de distribution. Elle peut être commune à plusieurs groupes ou non, selon les isolations hydrauliques possibles au niveau de la génération.

Les saisons propres sont déterminées aux travers de tests logiques menées à chaque début de jour de simulation. L'initiation d'une saison propre repose sur la comparaison du total cumulé des degrés-heures d'inconfort thermique à un seuil de 40 °C.h. L'achèvement d'une saison propre est quant à lui associé sur une comparaison de la moyenne glissante des besoins en chaud et en froid du groupe à une valeur limite de 2 Wh/m².

En chauffage, l'année de simulation se décompose ainsi :



En refroidissement, l'année de simulation se décompose ainsi :



4.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 8 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, j le jour de simulation, s la semaine de simulation et m le mois au sens de la décomposition faite pour les scénarios.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Uni
Th-D	h_{leg}	Heure légale au pas de temps h	h
	$I_{sconf\_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif : 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-
Zone	$\{i_{occ\_zone}(h)\}_{(j-28;j-1)}$	Ensemble des valeurs de l'indicateur traduisant l'occupation du jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus.	Ent
Groupe	$\{Q_{sys\_ch}(h)\}_{(j-28;j-1)}$	Ensemble des valeurs des besoins de chauffage du groupe, hors prise en compte des saisons, du jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus (672 pas de temps).	kWh
	$\{Q_{sys\_fr}(h)\}_{(j-28;j-1)}$	Ensemble des valeurs des besoins de refroidissement du groupe, hors prise en compte des saisons, du jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus (672 pas de temps).	kWh
	$\{\Delta\theta_{op\_inc\_cons, ch}(h)\}_{(j-28;j-1)}$	Ensemble des valeurs des degrés-heures $\Delta\theta_{op\_inc\_cons, ch}(h)$ lié à l'inconfort froid du jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus (672 pas de temps).	°C
	$\{\Delta\theta_{op\_inc, fr}(h)\}_{(j-28;j-1)}$	Ensemble des valeurs des degrés-heures $\Delta\theta_{op\_inc, fr}(h)$ liés à l'inconfort chaud du jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus (672 pas de temps).	°C
Calculs groupe	$\{Q_{req, gen, ch}(h)\}_{j-28 ; j-1}$	Ensemble des sommes des différentes valeurs des demande en énergie de chauffage au niveau des générations du projet, jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus (672 pas de temps).	Wh
	$\{Q_{req, gen, fr}(h)\}_{j-28 ; j-1}$	Ensemble des sommes des différentes valeurs des demande en énergie de refroidissement au niveau des générations du projet, du jour $j-28$ au jour $j-1$ inclus (672 pas de temps).	Wh

Sorties						
Gestion/régulation des ouvertures et protections mobiles Bâtiment	Nom	Description	Uni.			
	$Saison(j)$	La saison propre du groupe au jour j , sous forme d'entier : <i>1 : saison de refroidissement,</i> <i>2 : mi-saison,</i> <i>3 : saison de chauffage,</i> <i>4 : saison mixte de chauffage et refroidissement.</i>	Ent.			
	$Aut_{ch,pro}(j)$	Indicateur de saison de chauffage. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Ent.			
	$Aut_{fr,pro}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	Ent.			
	$j_{debut\_ch}^{gr}$	Jour de début de la saison de chauffage propre au bâtiment.	j			
	$j_{fin\_ch}^{gr}$	Jour de fin de la saison de chauffage propre au bâtiment.	j			
	$j_{debut\_fr}^{gr}$	Jour de début de la saison de refroidissement propre au bâtiment.	j			
	$j_{fin\_fr}^{gr}$	Jour de fin de la saison de refroidissement propre au bâtiment.	j			
Paramètres d'intégration						
Nom	Description	Uni.	Min	Max	Conv.	
A^{gr}	Surface utile du groupe en m ² .	m ²	0	$+\infty$	-	
Paramètres intrinsèques						
Nom	Description	Uni.	Min	Max	Conv.	
Cat_amb	Catégorie d'ambiance du groupe considéré au regard des catégories 1, 2 et 3 définies dans la fiche « Indicateurs de confort ».	Ent	0	3		Voir Tableau 10
$[p_{occ}^S(J,H)]_{J=1 \text{ à } 7 \text{ et } H=1 \text{ à } 24}$	Matrice des indicateurs d'occupation de la zone par jour/heure	Ent	0	1	-	
$Seuil_{debut\_ch}$	Seuil de début de la saison de chauffage, à comparer à la moyenne glissante des degrés-heures $\Delta\theta_{op\_inc,ch}(h)$.	°C.h	0	$+\infty$	40	
$Seuil_{fin\_ch}$	Seuil de fin de saison de chauffage, à comparer à la moyenne glissante des besoins de chauffage	Wh/m ²	0	$+\infty$	2	

$Seuil_{debut\_fr}$	Seuil de début de la saison de refroidissement, à comparer à la moyenne glissante des degrés-heures $\Delta\theta_{op\_inc,fr}(h)$.	°C.h	0	$+\infty$	40
$Seuil_{fin\_fr}$	Seuil de fin de saison de refroidissement, à comparer à la moyenne glissante des besoins de froid.	Wh/m ²	0	$+\infty$	2
$Seuil\_Nb_{redemarage}$	Seuil maximal du nombre de redémarrage des systèmes de chauffage autorisés sur la période entre l'hiver et l'été.	Ent.	0	$+\infty$	1

Variables internes

	Nom	Description	Uni.
Repris du jour j-1	$Nb_{h\_occ\_ref}$	Nombre d'heures d'occupation de référence correspondant à une semaine d'occupation type pour l'usage considéré.	h
	$Nb_{h\_occ\_somme\_ch}(j)$	Nombre d'heures d'occupation cumulé sur la période de sommation des °C.h d'inconfort froid.	h
	$Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j)$	Nombre d'heures d'occupation cumulé sur la période de sommation des °C.h d'inconfort chaud.	h
	$Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j)$	Nombre d'heures total cumulé sur la période où sont sommés les besoins de chauffage.	h
	$Nb_{h\_total\_somme\_fr}(j)$	Nombre d'heures total cumulé sur la période où sont sommés les besoins de refroidissement.	h
	$Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1)$	Autorisation de chauffer propre au groupe, au jour précédent.	Ent.
	$Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)$	Autorisation de refroidir propre au groupe, au jour précédent.	Ent.
	$MG_{bch}^{gr}(j)$	Moyenne glissante sur 4 semaines des besoins bruts de chauffage du groupe.	Wh/m ²
	$MG_{bfr}^{gr}(j)$	Moyenne glissante sur 4 semaines des besoins bruts de refroidissement du groupe.	Wh/m ²
	$MG_{dh\_ch}^{gr}(j)$	Moyenne glissante sur 4 semaines des degrés-heures $\Delta\theta_{op\_diff,ch}(h)$ liés à l'inconfort froid.	°C.h
	$MG_{dh\_fr}^{gr}(j)$	Moyenne glissante sur 4 semaines des degrés-heures $\Delta\theta_{op\_diff,fr}(h)$ liés à l'inconfort chaud.	°C.h

<i>Nb_{redemarrage}</i>	Nombre de redémarrage des systèmes de chauffage sur la période entre l'hiver et l'été.	Ent.
<i>Nb_{j_intégration,ch}</i> <i>Nb_{j_intégration,fr}</i>	Nombre de jour d'intégration pour le calcul des °C.h d'inconfort.	Ent

Tableau 8 : Nomenclature du modèle

4.6.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Le nombre d'heures d'occupation de référence correspond à une semaine d'occupation type pour l'usage considéré. Il est calculé par sommation de l'ensemble des valeurs du tableau des indicateurs d'occupation de la zone par jour (1 à 7)/heure (1 à 24). Le calcul est réalisé en début de simulation.

$$Nb_{h_{occ\_ref}} = \sum_{j=1}^7 \sum_{H=1}^{24} p_{occ}(j, H) \quad (66)$$

4.6.3.1 Calcul de $Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$

La variable $Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$ prend la valeur 1 à partir d'un jour de l'année où la condition d'initiation est remplie jusqu'à un jour où la condition d'arrêt est remplie. L'ensemble des jours où l'autorisation prend la valeur 1 est appelé saison de chauffage.

La définition de ces deux dates se fonde sur les critères suivants :

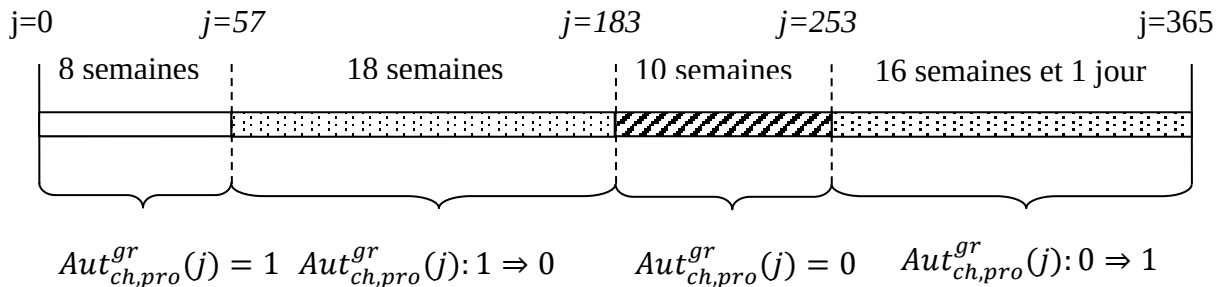
- Pour décréter un démarrage, une somme glissante sur les jours précédant le jour actuel j des degrés-heures en situation d'inconfort thermique froid (voir la fiche « Indicateurs de confort »), en mode Th-D et en période de confort adaptatif, le chauffage n'est jamais autorisé.
- Pour décréter un arrêt, une moyenne glissante sur les jours précédant le jour actuel j des besoins en chaud du groupe,

Elle repose sur les hypothèses suivantes :

- Au pas de temps initial et tout au long des 8 premières semaines de simulations, $Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 1$ (valeur initiale),
- L'arrêt saisonnier des systèmes de chauffage est décrété entre le 57^{ème} jour de simulation (1^{er} mars au sens des scénarios) et le 183^{ème} jour de simulation (1^{er} juillet au sens des scénarios). Le premier arrêt décrété selon les algorithmes peut être provisoire : on admet qu'un redémarrage puisse avoir lieu, afin de prendre en compte des alternances de redoux et de périodes froides. Si c'est le cas, le deuxième arrêt ne peut être décrété qu'à partir d'une semaine après ce redémarrage et il est définitif :

$$Seuil\_Nb_{redemarrage} = 1 \text{ (un seul redémarrage pris en compte)} \quad (67)$$

- Le démarrage saisonnier des systèmes de chauffage est décrété entre le 253^{ème} jour de simulation (1^{er} jour de la 2^{ème} semaine de septembre, au sens des scénarios) et la fin de la simulation. Une fois démarrés, les systèmes de chauffage restent en fonction jusqu'à la fin de l'année.



4.6.3.1.1 Calcul de $MG_{dh,ch}$

$MG_{dh,ch}^{gr}(j)$ est calculé lorsqu'est évaluée la nécessité de redémarrer les systèmes de chauffage, ce qui peut advenir dans deux situations :

- à la fin de l'été, en anticipation d'un démarrage prochain des systèmes de chauffage. Le calcul débute à partir du 253^{ème} jour de simulation et jusqu'à ce que commence la saison de chauffage.
- à la fin de l'hiver ou au printemps, si un arrêt effectif des systèmes de chauffage est survenu ($Aut_{ch,eff}^{gr}(j-2) = 0$). On autorise alors la possibilité d'un redémarrage si une période froide survient de nouveau. Le calcul débute à partir du deuxième jour ayant suivi l'arrêt du chauffage.

Le calcul est effectué chaque jour j de simulation concerné à $h_{leg} = 9h$. La valeur obtenue est conservée pour l'ensemble des pas de temps jusqu'à $h_{leg} = 9h$ le jour $j+1$.

Initialisation (sur une journée) :

$$Nb_{h_{occ\_somme\_ch}}(j) = \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ\_zone}(h) \quad (68)$$

$$MG_{dh,ch}^{gr}(j) = \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h)$$

Par la suite, on étend progressivement la moyenne glissante jusqu'à une durée de 4 semaines. La relation ne consiste plus qu'en une addition à la somme glissante :

$$Nb_{h_{occ\_somme\_ch}}(j) = Nb_{h_{occ\_somme\_ch}}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ\_zone}(h) \quad (69)$$

$$MG_{dh,ch}^{gr}(j) = MG_{dh,ch}^{gr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h)$$

Enfin, une fois ce délai passé, la relation ne consiste plus qu'en un décalage de la somme glissante :

$$Nb_{h_{occ\_somme\_ch}}(j) = Nb_{h_{occ\_somme\_ch}}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ\_zone}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} i_{occ\_zone}(h) \quad (70)$$

$$MG_{dh,ch}^{gr}(j) = MG_{dh,ch}^{gr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,ch}(h)$$

4.6.3.1.2 Calcul de MG_{bch} en calcul BBio

Le processus suivant n'est à appliquer que dans le cadre d'un calcul du coefficient BBio.

$MG_{bch}^{gr}(j)$ est calculé uniquement lorsque le chauffage est en fonction et au cours de la période entre le 57^{ème} et le 183^{ème} jour. Au 57^{ème} jour, le calcul est mené sur les 4 semaines précédant cette date (672 heures). Si par la suite intervient un redémarrage de la saison de chauffage, le calcul est mené à partir de la fin de la première semaine de fonctionnement.

L'algorithme est déclenché chaque jour j de simulation concerné à $h_{leg} = 9h$. La valeur obtenue est

conservée pour l'ensemble des pas de temps jusqu'à $h_{leg} = 9h$ le jour $j+1$.

Initialisation une fois les 8 premières semaines passées (pour le 57^{ème} jour de simulation):

$$Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j) = 672$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j)} \times \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (71)$$

Ensuite, jusqu'à l'arrêt provisoire ou définitif (au sens propre au groupe), la relation ne consiste plus qu'en un « décalage » de la moyenne glissante :

$$Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j) = 672$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = MG_{bch}^{gr}(j-1) + \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j)} \times \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_ch}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} Q_{sys\_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (72)$$

Dans le cas où un redémarrage des systèmes de chauffage survient ($Nb_{redemarrage} > 0$), le calcul commence une semaine après le redémarrage, soit lorsque $Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1) = 1$ et $Aut_{ch,pro}^{gr}(j-8) = 0$:

$$Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j) = 168$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j)} \times \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (73)$$

Par la suite, on étend progressivement la moyenne glissante jusqu'à une durée de 4 semaines (28 jours). La relation ne consiste plus qu'en une addition à la somme glissante :

$$Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j) = Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j-1) + 24$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j)} \times (Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j-1) \times MG_{bch}^{gr}(j-1) + \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_ch}(h)}{A^{gr}}) \quad (74)$$

Enfin, une fois ces 28 jours passés, jusqu'à l'arrêt définitif, la relation ne consiste plus qu'en un « décalage » de la moyenne glissante :

$$Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j) = 672$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = MG_{bch}^{gr}(j-1) + \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_ch}(j)} \times \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_ch}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} Q_{sys\_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (75)$$

4.6.3.1.3 Calcul de MG_{bch} en calcul des consommations

La procédure est strictement identique à celle en calcul du BBio, à ceci près qu'on ne retient pas les besoins en chauffage au niveau de l'émission $Q_{sys\_ch}(h)$, mais les besoins intégrant les pertes de distributions et ramenés au groupe $Q_{req\_gen\_ch}(h)$.

4.6.3.1.4 Assemblage des calculs

L'algorithme suivant est déclenché chaque jour j de simulation, lorsque $h_{leg} = 9h$.

Pour les 8 premières semaines de simulation (jour 1 à 56), on applique conventionnellement une valeur de 1 sauf en mode Th_D en période de confort adaptatif :

$$\begin{aligned} Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 1 \\ \text{Si (en mode Th-D :) } Is_{confort\_adaptatif}(h) &\geq 0, \text{ alors,} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 0 \end{aligned} \quad (76)$$

Pour la période allant du 57^{ème} jour au 182^{ème} jour de simulation (fin de l'hiver et printemps) :

En mode TH-D et en période de confort adaptatif l'autorisation de chauffage est conventionnellement nulle:

$$\begin{aligned} \text{Si (en mode Th-D :) } Is_{confort\_adaptatif}(h) &\geq 0, \text{ alors,} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 0 \end{aligned} \quad (77)$$

Dans les autres cas, l'algorithme est le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Si } Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1) &= 1 \text{ (chauffage en fonction),} \\ \text{Si } MG_{bch}^{gr}(j) &\leq Seuil_{fin,ch} \text{ et } \sum_{j-7}^{j-1} Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 7 \text{ (seuil de besoins} \\ &\text{franchi, et chauffage en fonction depuis au moins une semaine),} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 0 \\ \text{Sinon,} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 1 \\ \text{Sinon, (chauffage coupé du point de vue de l'autorisation propre au groupe)} \\ \text{Si } Aut_{ch,eff}^{gr}(j-1) &= 1, \text{ (la coupure n'est pas effective au niveau de la} \\ &\text{génération qui dessert le groupe)} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 0 \\ \text{Sinon, (une journée de coupure effective est passée : le test pour} \\ &\text{prendre en compte un éventuel redémarrage est lancé)} \\ \text{Si } MG_{dh,ch}^{gr}(j) &\geq Seuil_{début,ch} \times MAX(0.5; \frac{Nb_{h\_occ\_somme}(j)}{4 \times Nb_{h\_occ\_ref}}) \text{ et} \\ Nb_{redemarrage} &< Seuil\_Nb_{redemarrage} \text{ (seuil d'inconfort froid} \\ &\text{franchi suite à un arrêt non-définitif),} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 1 \\ Nb_{redemarrage} &= Nb_{redemarrage} + 1 \\ \text{Sinon, (le seuil d'inconfort froid n'est pas franchi, ou l'arrêt} \\ &\text{définitif a été décrété),} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) &= 0 \end{aligned} \quad (78)$$

Pour la période allant du 183^{ème} jour au 252^{ème} jour de simulation, le chauffage est conventionnellement interdit :

$$Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 0 \quad (79)$$

Pour la période allant du 253^{ème} jour à la fin de la simulation (fin de l'été et automne) :

En mode TH-D et en période de confort adaptatif l'autorisation de chauffage est conventionnellement nulle:

$$\begin{aligned} \text{Si (en mode Th-D :) } Is_{\text{confort\_adaptatif}}(h) \geq 0, \text{ alors,} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 0 \end{aligned} \quad (80)$$

Dans les autres cas, l'algorithme est le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Si } Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1) = 0, \text{ (chauffage coupé),} \\ \text{Si } MG_{dh,ch}^{gr}(j) \geq Seuil_{début,ch} \times MAX(0.5; \frac{Nb_{h\_occ\_somme\_ch}(j)}{4 \times Nb_{h\_occ\_ref}}) \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 1 \\ \text{Sinon,} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 0 \\ \text{Sinon, (chauffage en fonction),} \\ Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1) \end{aligned} \quad (81)$$

4.6.3.2 Calcul de $Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$

La variable $Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$ est équivalente à $Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$, mais pour l'aspect refroidissement.

Dans le cas où le groupe ne dispose pas de système de refroidissement ($i_{clim}=0$), la variable $Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$ est nulle toute l'année.

L'algorithme se fonde sur les critères suivants:

- Pour décréter le démarrage saisonnier des systèmes de froid, une somme glissante sur une durée de 1 à 4 semaines précédant le jour actuel j des degrés-heures en situation d'inconfort thermique chaud (voir la fiche « Indicateurs de confort »).

En mode Th-D, le démarrage saisonnier est également décrété au cours de la première journée de confort adaptatif rencontrée (s'il ne l'a pas déjà été par le critère standard).

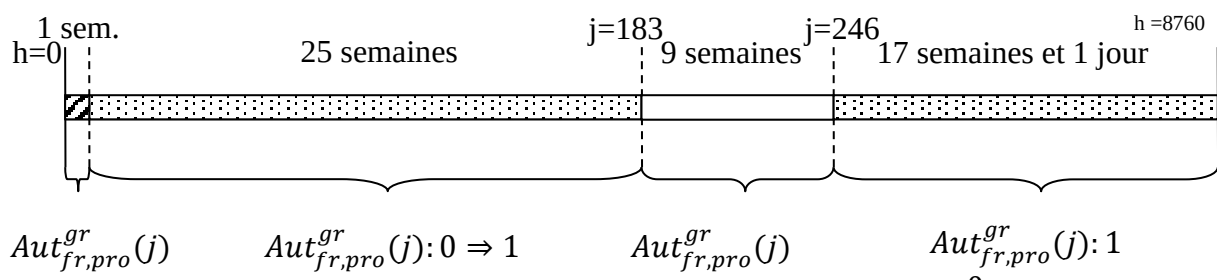
- Pour décréter l'arrêt des systèmes de froid, une moyenne glissante sur une durée de 4 semaines précédant le jour actuel j des besoins bruts en froid du groupe.

En mode Th-D, l'arrêt saisonnier n'est décrété sur la base de ce critère que si on se trouve en dehors d'une période de confort adaptatif.

Dans une première approche, on considèrera les hypothèses suivantes :

- Durant la première semaine de simulation, on applique une valeur nulle : $Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0$.
- La saison d'autorisation de refroidissement débute avant le 183^{ème} jour de simulation (1^{er} juillet au sens des scénarios).
- Entre le 183^{ème} et le 246^{ème} jour (non-inclus), on autorise le refroidissement quelques soient les cas.
- La saison d'autorisation de refroidissement se termine dans la période allant du 246^{ème} jour de simulation à la fin de la simulation.

Pour $i_{clim}=1$:



4.6.3.2.1 Catégories d'ambiance du groupe

Les valeurs de $\Delta\theta_{op\_inc,fr}(h)$ à récupérer de la fiche « Indicateurs de confort » dépendent de la valeur du paramètre intrinsèque Cat_amb attribuée au groupe.

Cat_amb	$\Delta\theta_{op\_inc,fr}(h)$
0	$\Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h)$
1	$\Delta\theta_{op\_inc\_C1,fr}(h)$
2	$\Delta\theta_{op\_inc\_C2,fr}(h)$
3	$\Delta\theta_{op\_inc\_C3,fr}(h)$

Tableau 9: correspondance entre Cat_amb et les valeurs de $\Delta\theta_{op\_inc,fr}(h)$ à récupérer

La valeur de catégorie d'ambiance retenue dépend du type d'usage du projet :

USAGE de la zone au sens des scénarios	Valeur de Cat_amb
Bâtiments à usage d'habitation	1
Autres usages	1

Tableau 10: relation entre les catégories d'ambiance et le type d'usage

4.6.3.2.2 Calcul de $MG_{dh,fr}$ pour le groupe

$MG_{dh,fr}^{gr}(j)$ est calculé pour chaque jour de simulation à partir du 8^{ème} jour de simulation et jusqu'au 183^{ème} jour de simulation non-inclus. Le calcul est effectué chaque jour j de simulation concerné à $h_{leg} = 9h$. La valeur obtenue est conservée pour l'ensemble des pas de temps jusqu'à $h_{leg} = 9h$ le jour $j+1$.

Pour le 8^{ème} jour de simulation :

$$Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j) = \sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ\_zone}(h) \quad (82)$$

$$MG_{dh,fr}^{gr}(j) = \sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h)$$

Pour les trois semaines suivantes, on étend progressivement la moyenne glissante à une durée de 4 semaines. La relation ne consiste plus qu'en une addition à la somme glissante :

$$\begin{aligned} Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j) &= Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j-1) + \sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ\_zone}(h) \\ MG_{dh,fr}^{gr}(j) &= MG_{dh,fr}^{gr}(j-1) + \sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h) \end{aligned} \quad (83)$$

Ensuite, jusqu'au 183^{ème} jour de simulation non-inclus, la relation ne consiste plus qu'en un « décalage » de la somme glissante :

$$\begin{aligned}
Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j) &= Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ\_zone}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} i_{occ\_zone}(h) \\
MG_{dh\_fr}^{gr}(j) &= MG_{dh\_fr}^{gr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} \Delta\theta_{op\_inc\_cons,fr}(h)
\end{aligned} \tag{84}$$

4.6.3.2.3 Calcul de MG_{bfr} en calcul BBio

Le processus suivant n'est à appliquer que dans le cadre d'un calcul du coefficient BBio.

$MG_{bfr}^{gr}(j)$ est calculé pour chaque jour de simulation à partir du 246^{ème} jour et jusqu'à la fin de la simulation. Le calcul est effectué chaque jour j de simulation concerné à $h_{leg} = 9h$. La valeur obtenue est conservée pour l'ensemble des pas de temps jusqu'à $h_{leg} = 9h$ le jour $j+1$.

Pour le 246^{ème} jour de simulation :

$$\begin{aligned}
Nb_{h\_total\_somme\_fr}(j) &= 672 \\
MG_{bfr}^{gr}(j) &= \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_fr}(j)} \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_fr}(h)}{A^{gr}}
\end{aligned} \tag{85}$$

Ensuite, et jusqu'à la fin de la simulation, la relation ne consiste plus qu'en un « décalage » de la moyenne glissante :

$$\begin{aligned}
Nb_{h\_total\_somme\_fr}(j) &= 672 \\
MG_{bfr}^{gr}(j) &= MG_{bfr}^{gr}(j-1) + \frac{1}{Nb_{h\_total\_somme\_fr}(j)} \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys\_fr}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} Q_{sys\_fr}(h)}{A^{gr}}
\end{aligned} \tag{86}$$

4.6.3.2.4 Calcul de MG_{bfr} en calcul des consommations

La procédure est strictement identique à celle en calcul du BBio, à ceci près qu'on ne retient pas les besoins en refroidissement au niveau de l'émission $Q_{sys\_fr}(h)$, mais les besoins intégrant les pertes de distributions et ramenés au groupe $Q_{req\_gen\_fr}(h)$.

4.6.3.2.5 Assemblage des calculs

L'algorithme suivant est déclenché chaque jour j de simulation, lorsque $h_{leg} = 9h$.

Pour la première semaine de simulation, jusqu'au 8^{ème} jour non-inclus :

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \tag{87}$$

Pour la période allant du 8^{ème} jour au 182^{ème} jour:

$$\begin{aligned}
& \text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 0, \\
& \quad \text{Si } MG_{dh,fr}^{gr}(j) \geq Seuil_{debut\_fr} \times MAX(0.5; \frac{Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j)}{4 \times Nb_{h\_occ\_ref}}) \\
& \quad \text{ou (en mode Th-D :) } Is_{confort\_adaptatif}(h) \geq 0, \text{ alors,} \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1
\end{aligned} \tag{88}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Sinon,} \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \\
& \text{Sinon,} \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)
\end{aligned}$$

Pour la période allant du 183^{ème} au 245^{ème} jour :

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1 \tag{89}$$

Pour la période allant du 246^{ème} jour à la fin de la simulation :

$$\begin{aligned}
& \text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 1, \\
& \quad \text{Si } MG_{b,fr}^{gr}(j) \leq Seuil_{fin\_fr} \text{ et (en mode Th-D :) } Is_{confort\_adaptatif}(h) = 0, \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \\
& \quad \text{Sinon,} \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1 \\
& \text{Sinon,} \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)
\end{aligned} \tag{90}$$

4.6.3.3 Cas particulier du calcul du BBio

Dans le cadre du calcul du BBio la méthode de calcul des autorisations propres décrites ci-dessus est appliquée.

Les autorisations effectives sont prises égales aux autorisations propres du groupe :

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{gr}(j) = Aut_{ch,pro}^{gr}(j) \\ Aut_{fr,eff}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j) \end{cases} \tag{91}$$

4.6.3.4 Passage des variables d'autorisation à la saison propre

Le passage des variables d'autorisation déterminées ci-dessus à la valeur de $Saison^{gr}(j)$ se fait selon le tableau suivant :

Tableau 11: Relations entre $Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$, $Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$ et les saisons propres de groupe

	Saison de refroidissement	Mi-saison	Saison de chauffage	Saison mixte
$Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$	0	0	1	1
$Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$	1	0	0	1
$Saison^{gr}(j)$	1	2	3	4

4.6.3.4.1 Détermination des dates de début et fin de saisons propres

Les dates de début et de fin pour la saison propre de chauffage et la saison propre de refroidissement sont uniques pour un groupe. Elles sont déterminées pour une exploitation dans le fiche de sortie du projet.

Pour chaque bâtiment (d'indice *bat*) du projet,

Si $Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1) < Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$, alors,
 $j_{debut\_ch}^{gr} = j$

Si $Aut_{ch,pro}^{gr}(j-1) > Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$, alors,
 $j_{fin\_ch}^{gr} = j$ (92)

Si $Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) < Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$, alors,
 $j_{debut\_fr}^{gr} = j$

Si $Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) > Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$, alors,
 $j_{fin\_fr}^{gr} = j$

4.7 C_EIN_calcul des consommations electriques des équipements mobiliers

4.7.1 INTRODUCTION

Les équipements mobiliers regroupent tous les appareils absents à la livraison du bâtiment et consommant de l'énergie électrique : équipements bureautiques, électroménagers, appareils domestiques... à l'exception des dispositifs d'éclairage mobiliers déjà comptabilisés partiellement dans la méthode Th-BCE pour certains types de locaux (aires de vente, bureaux).

Par convention, les consommations électriques des équipements mobiliers sont considérées égales aux valeurs d'apports internes de chaleur non dus aux occupants.

4.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 12 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
C_EIN_Scénarios conventionnels	Nom	Description	Unité	Min	Max	conv
	Usage ^z	Type d'usage de la zone n°z				
	Q _{max_proc} ^{loc}	Apport maximal de chaleur interne lié aux équipements mobiliers du local	W/m²	≥0		
	t ^a _{ch} (m,s)	Ratio d’apports internes de chaleur lié à la consommation des équipements mobiliers du local par mois/semaine	Réel	0	1	
	t ^s _{ch} (j,h)	Ratio d’apports internes de chaleur liée à la consommation des équipements mobiliers du local par jour/heure	Réel	0	1	
	A ^{loc}	Surface utile de chaque local d’indice loc constituant la zone z	m²	≥0		
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	C ^z _{ef_us_mob} (h)	Consommation électrique des usages mobiliers de la zone au pas de temps horaire	Wh			
	C ^z _{ef_us_mob_annue}	Consommation électrique annuelle des usages mobiliers de la zone en énergie finale par m² de S _{REF}	kWh/m². S _{REF}			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	C ^{loc} _{ef_us_mob} (h)	Consommation électrique des usages mobiliers du local au pas de temps horaire	Wh			

Tableau 12 : Nomenclature du modèle

4.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La consommation électrique du local d'indice loc est calculée de la même manière que les apports internes de chaleur associés aux équipements mobiliers dans la méthode Th-BCE :

$$C_{ef\_us\_mob}^{loc}(h) = A^{loc} \cdot Q_{max\_proc}^{loc} \cdot t_{ch(m,s)}^a \cdot t_{ch(j,h)}^s \quad (93)$$

La consommation électrique totale des usages mobiliers de la zone est la somme des consommations de chaque local :

$$C_{ef\_us\_mob}^z(h) = \sum_{loc \in z} C_{ef\_us\_mob}^{loc}(h) \quad (94)$$

Enfin, la consommation annuelle des usages mobiliers de la zone s'obtient par sommation sur l'année :

$$C_{ef\_us\_mob\_annuel}^z = \sum_{h=1}^{8760} C_{ef\_us\_mob}^z(h) \quad (95)$$

5. BATI

Cette partie regroupe la description et les calculs liés aux différents composants du bâti (parois opaques, baies vitrées, ponts thermiques, espace tampon). Pour chaque élément on trouve donc :

- Une fiche C-BAT-composant présentant les éléments de description, et les calculs des flux thermiques, solaires et éventuellement lumineux à travers ce composant
- Une fiche C_BAT_ensemble_composant réalisant la sommation pour l'ensemble des composants de même type pour chaque groupe du bâtiment
- Une fiche C_BAT_assemblage_composant venant prendre en compte l'impact des masques associés au composant.

A l'aide des sorties de ces fiches, la fiche C_BAT_comportement thermique d'un groupe, permet, à travers l'utilisation du réseau RC, le calcul des puissances requises (chauffage, refroidissement) et les températures intérieures de chaque groupe.

On trouve également d'autres fiches spécifiques au groupe, à la zone, et au bâtiment, dans lesquelles sont recueillis les divers éléments propres à chaque entité, et calculées les sorties propres à chaque entité.

On trouve enfin des éléments liés au bâti :

- Calcul de l'équilibre des pressions entre les débits entrants et sortants (liés au système de ventilation ou à l'étanchéité de l'enveloppe - perméabilité, entrées d'air)
- Des éléments de gestion associés aux baies (protections mobiles, ouverture des baies)

5.1 S3_BAT-Assemblage_Batiment

5.1.1 INTRODUCTION

Un bâtiment est décrit suivant 4 niveaux :

- 1) le niveau "Bâtiment",
- 2) le niveau "Zone",
- 3) le niveau "Groupe",
- 4) le niveau "Local".

Le niveau bâtiment est le niveau où s'exprime l'exigence réglementaire en termes de coefficients Bbio, Cep et Cep,nr.

Les éléments communs à tout le bâtiment (par exemple la situation géographique) sont définis à ce niveau¹.

Cette fiche décrit les assemblages au niveau "bâtiment".

¹ En cas de calcul simultané sur plusieurs bâtiments, le niveau projet sera être utilisé pour les données géographiques

5.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 13 donne la nomenclature des différentes variables du modèle

Entrées du système					
Nom	Description	Unité			
Paramètres intrinsèques du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
département	Numéro du département		1	95	
Alt	Altitude du projet	m	0		
Dmer	Distance à la mer	Km	0		
Durb	Distance à l'îlot urbain	Km	0		
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Bch_m^{bât}$	Besoins mensuels en chaud d'un bâtiment	kWh/m²SREF			
$Bch^{bât}$	Besoins annuels en chaud d'un bâtiment	kWh/m²SREF			
$Bfr_m^{bât}$	Besoins mensuels en froid d'un bâtiment	kWh/m²SREF			
$Bfr^{bât}$	Besoins annuels en froid d'un bâtiment	kWh/m²SREF			
$Becl_m^{bât}$	Besoin mensuel en éclairage artificiel d'un bâtiment	kWh/m²SREF			
$Becl^{bât}$	Besoin annuel en éclairage artificiel d'un bâtiment	kWh/m²SREF			
$Bbio_m$	Besoin bioclimatique mensuel du bâtiment	kWh/m²SREF			
$Bbio$	Besoin bioclimatique annuel du bâtiment	kWh/m²SREF			
$Becs_m^{bat}$	Besoins mensuels bruts d'ECS du bâtiment	Wh/m²SREF			
$Becs^{bat}$	Besoins annuels bruts d'ECS du bâtiment	Wh/m²SREF			
$Ratio_{psi}$	Ratio de transmission linéique moyen global des ponts thermiques du bâtiment	W/m²SREF			
$Ratio_{baies}$	Surface totale des baies d'un bâtiment, rapportée à sa surface habitable	m²/m²			
	Pour le bâtiment				
	Energie finale mensuelle et annuelle				
	Energie primaire mensuelle et annuelle				
	Energie finale par énergie				
	Energie primaire par énergie				
Variables internes					
Nom	Description	Unité			

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 13 : Nomenclature des différentes variables du modèle de bâtiment

5.1.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Le schéma de la figure ci-dessous présente l'organisation des composants pour l'ensemble d'un bâtiment pour le calcul de Cep et Cep,nr.

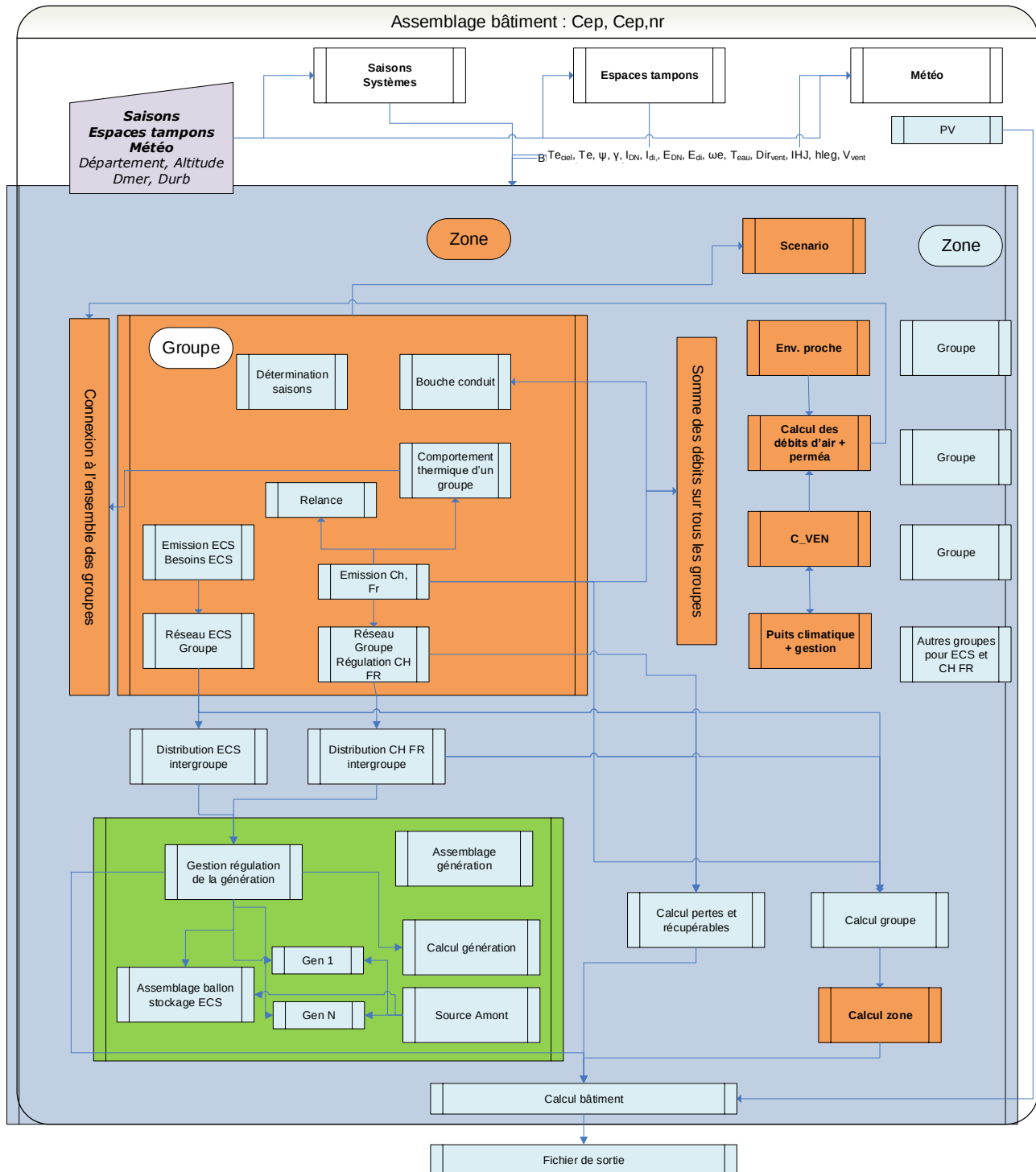


Figure 14 : Assemblage des composants d'un bâtiment

Le niveau 'bâtiment' rassemble d'une part l'ensemble des zones, celles-ci correspondant à un regroupement des parties de bâtiment pour lesquelles les usages, donc les scénarios d'utilisation, sont identiques et d'autre part les composants qui concernent le bâtiment dans son ensemble :

- le climat extérieur,
- les espaces tampons : vérandas, serres...
- les saisons pour les systèmes,

Les saisons sont définies d'abord au niveau de chaque groupe, fiche 'détermination des saisons', en considérant les besoins propres à chaque groupe et ensuite harmonisées pour l'ensemble du bâtiment. L'information harmonisée est renvoyée aux groupes, notamment pour le fonctionnement de l'émission.

La fiche algorithme est organisée en trois parties :

- en haut à gauche, on trouve les paramètres d'intégration des différents composants ou des assemblages intervenant, entrés au niveau de l'interface utilisateurs, les paramètres intrinsèques étant définis dans les fiches algorithmes,
- dans la partie en couleur, on trouve l'organisation proprement dite des différents composants. Chaque composant est relié aux autres par des flèches symbolisant les échanges de données.
- dans la partie supérieure, on distingue les composants amont.

Le détail de chaque composant ou de chaque assemblage est au niveau de chaque fiche algorithme.

Pour la détermination du coefficient Bbio, les calculs sont conduits au niveau de chaque groupe, les résultats étant dirigés vers le module de 'calcul groupe' puis 'calcul zone' et enfin 'calcul bâtiment'.

Le calcul du coefficient Cep fait appel à des composants supplémentaires :

- les systèmes aérauliques, pouvant être en relation avec un puits climatique selon les cas,
- les réseaux de distribution de chaleur et de froid,
- les réseaux de distribution d'ECS,
- la génération, constituée des différents générateurs de chaleur, de froid, de chaleur ou de froid, d'ECS, de chaleur et d'ECS ainsi que de leur gestion régulation. Il s'agit notamment d'organiser les priorités de fonctionnement.

L'enchaînement des calculs est le suivant :

'Climat extérieur'

Les données météorologiques du pas de temps sont rendues disponibles.

'Espaces tampons'

Les coefficients de réduction des déperditions thermiques, de réduction des flux solaires et de réduction de l'éclairement naturel dus à la présence de l'espace tampon sont déterminés.

'Zones'

Les zones sont traitées comme présenté dans la fiche 'assemblage zone'.

'Groupes'

Les groupes sont traités comme présenté dans la fiche 'assemblage groupe'.

'PV installation PV' :

La production d'énergie d'origine photovoltaïque est calculée.

'Calculs bâtiment'

On effectue un post traitement des sorties du bâtiment : cumuls mensuels et annuels, Bbio, Cep.

5.2 S1-Bat-Assemblage des espaces tampons

5.2.1 NOMENCLATURE

Le Tableau 14 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Environnement extérieur	$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h .	h			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur, au pas de temps h .	°C			
	$V_{vent}(h)$	Vitesse du vent au pas de temps h .	m/s			
	γ, ψ, Idr, Idi	Entrées de la fiche « Environnement proche ».	-			
Groupes en contact avec l'espace tampon	$i_{hergement}^{gr}$	Indicateur d'usage d'habitation et d'hébergement.	Bool			
	$i_{occ}^{gr}(h)_{grcet}$	Indices d'occupation des différents groupes gr en contact avec l'espace tampon au pas de temps h .	Ent			
	$i_{occ}^{gr}(h-1)_{grcet}$	Indices d'occupation des différents groupes gr en contact avec l'espace tampon au pas de temps $h-1$.	Ent			
	$\theta^{gr}(h-1)_{grcet}$	Températures de l'air intérieur, au temps $h-1$, des différents groupes connectés à l'espace tampon.	°C			
	$Saison^{gr}(j)_{grcet}$	Saison propre au groupe au jour j .	Ent.			
Baies	$H_{ges\_set}(h-1)^b$	Coefficient de transmission thermique global pour la baie vitrée b entre les environnements intérieurs et extérieurs, sans les espaces tampons.	W/K			
Parois	$H_{TH\_set}^k$	Coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur, sans les espaces tampons.	W/K			
PT	$H_{TH\_set}^l$	Coefficient de transmission thermique global du pont thermique l entre l'extérieur et l'intérieur, sans les espaces tampons.	W/K			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	A_{et}	Surface au sol de l'espace tampon.	m ²	0	$+\infty$	-

TRH_{et}	Taux de renouvellement d'air de base de l'espace tampon, hors surventilation par ouverture des baies.	vol/h	0	$+\infty$	-
$Httf_{et}$	Hauteur de tirage thermique en surventilation naturelle de l'espace tampon.	m	0	$+\infty$	-
$\{A_{ue}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des surfaces des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	m ²	0	$+\infty$	-

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Caractérisation de l'espace tampon	$i_{solarise}$	Indicateur entier : <i>0 : espace tampon non-solarisé,</i> <i>1 : espace tampon solarisé.</i>	ent	0	1	
	i_{surv}	Indicateur entier : <i>0 : espace tampon non-surventilé,</i> <i>1 : espace tampon avec surventilation naturelle.</i>	ent	0	1	1
	i_{prot}	Indicateur entier : <i>0 : espace tampon sans protections mobiles,</i> <i>1 : espace tampon avec protections mobiles,</i>	ent	0	1	
ET non-solarisé	b_{et_ns}	Coefficient b de réduction des déperditions de l'espace tampon non-solarisé, tel que défini dans les règles Th-Bat.	Réel	0	1	
ET solarisé	$C_{m\_et\_surf}$	Capacité thermique quotidienne de l'espace tampon par unité de surface au sol.	kJ/(m ² .K)	0	$+\infty$	
	U_{et_pb}	Coefficient de déperdition thermique équivalent par le plancher bas de l'espace tampon.	W/(K.m ²)	0	$+\infty$	-
Parois extérieures de l'espace tampon solarisé	N	Nombre de parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	Entier	0	$+\infty$	-
	$\{U_{ue}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des coefficients de transmission thermique U_{ue} des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	W/(K.m ²)	0	$+\infty$	-
	$\{a_{we}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des azimuts des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	° (ang)	0	360	-
	$\{\beta_{we}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs solaires des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	° (ang)	0	90	-
	$\{S_{we\_sp}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs solaires globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, sans protection mobile en place.	Réel	0	1	-

Surventilation de l'espace tampon	$\{S_{we\_ap}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs solaires globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, avec protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{T_{le\_sp}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs de transmission lumineux globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, sans protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{T_{le\_ap}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs de transmission lumineux globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, avec protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{R_{ouv\_max}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des ratios d'ouverture maximale des N parois de l'espace tampon.	Réel	0	1	-
	$Part_{ouv\_et\_inocc}$	Part des parois de l'espace tampon dont l'ouverture est possible à maintenir en inoccupation.	Réel	0	1	-
	$\theta_{et\_ouv1}, \theta_{et\_ouv2}, \theta_{et\_fer1}, \theta_{et\_fer2}$	Températures de consigne de l'espace tampon pour la surventilation naturelle.	°C	0	$+\infty$	-
	$d\theta_{ext/et}$	Différence de température entre l'extérieur et l'intérieur de l'espace tampon à respecter.	°C	0	$+\infty$	-
	θ_{ext_seuil}	Température extérieure minimale à respecter.	°C	0	$+\infty$	-

Sorties

	Nom	Description	Unité
Composants d'enveloppe et entrées d'air	$b_{therm}(h)$	Coefficient de réduction des déperditions thermiques dû à la présence de l'espace tampon.	-
	$b_{solaire}(h)$	Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon.	-
	$b_{ecl}(h)$	Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon (concerne uniquement les baies vitrées).	-
	$\theta_{et}(h)$	Température d'air dans l'espace tampon au pas de temps h.	°C

Tableau 14 : Nomenclature du modèle

5.2.2 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

L'assemblage des composants intervenant dans la modélisation des espaces tampons est le suivant :

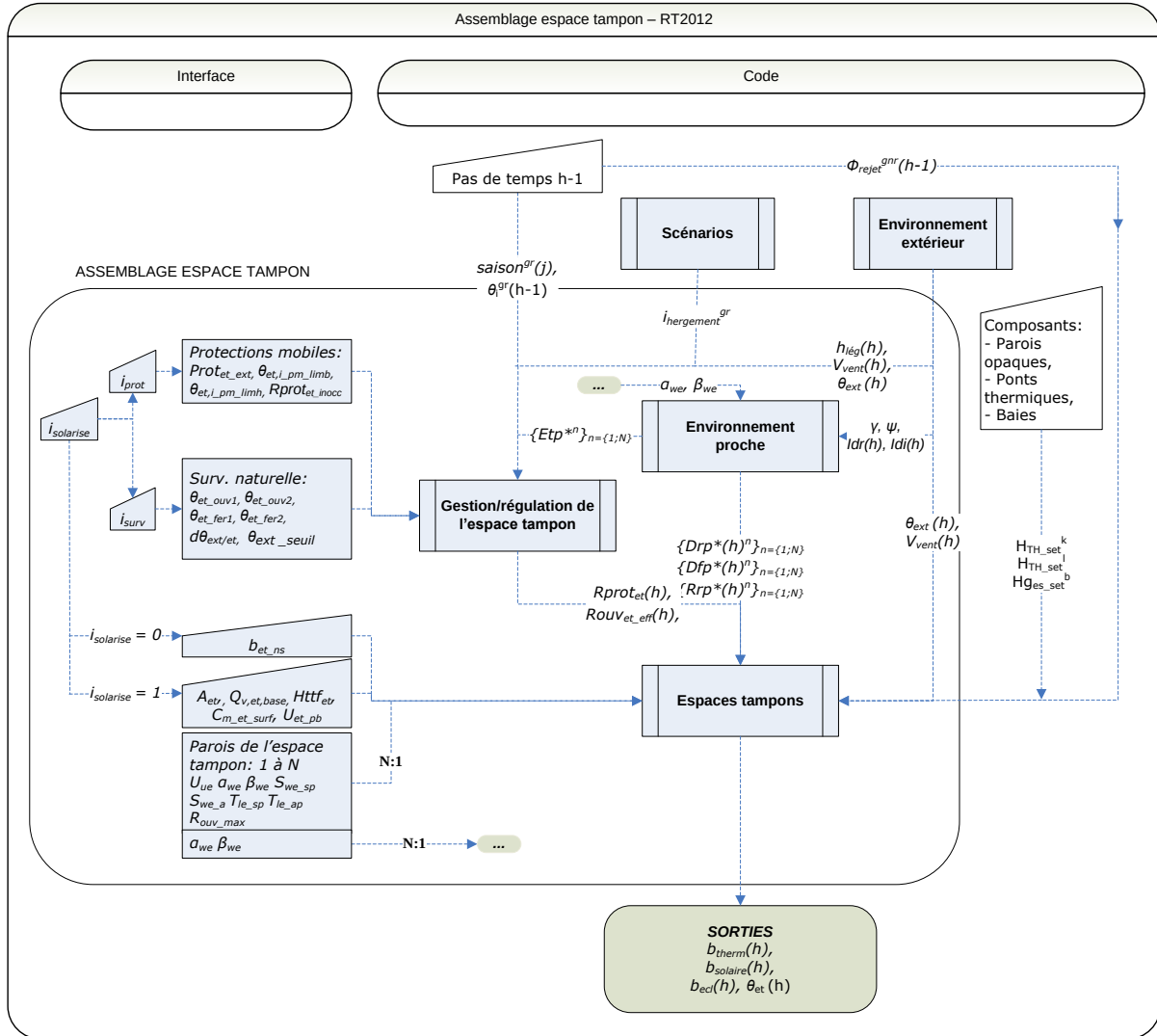


Figure 15: Assemblage des composants espaces tampons

L'assemblage fait appel à trois composants :

- **Environnement proche**, qui réalise les calculs d'éclairement et de flux solaires en fonction des orientations des parois et des masques de l'espace tampon. Ce composant est le même que pour les parois et baies définies au niveau du groupe.
- **Gestion/régulation de l'espace tampon**, qui détermine à chaque horaire quelle position des protections mobiles et quel ratio de surventilation naturelle sont appliqués, selon une modélisation conventionnelle du comportement des occupants. Ce composant n'est pas utilisé dans le cas d'un espace tampon non-solarisé.
- **Espace tampon**, qui simule de manière dynamique le comportement de l'espace tampon solarisé en prenant en compte les échanges thermiques, le renouvellement d'air, les apports solaires et l'inertie globale du composant. Les espaces non-solarisés sont pris en compte au travers du coefficient b défini dans les règles Th-Bat, éventuellement corrigé si l'espace tampon est utilisé pour une production d'ECS thermodynamique.

5.3 Gestion/Régulation des espaces tampons solarisés

5.3.1 INTRODUCTION

La gestion/régulation des espaces tampons d'intervient que dans le cas d'espaces tampons solarisés : véranda, serre, jardin d'hiver...

Elle définit de manière horaire les ratios de protections mobiles ainsi que ratios d'ouverture pour surventilation des parois extérieures vitrées de l'espace tampon. Cette régulation est soumise à certaines hypothèses, et se base sur la température d'air intérieure du local solarisé, sur la température d'air extérieur et sur la vitesse locale du vent. Elle varie en fonction de la saison.

5.3.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 15** donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Environnement extérieur	$h_{\text{lég}}(h)$	Heure légale au pas de temps h .	h
	$\theta_{\text{ext}}(h)$	Température de l'air extérieur, au temps h .	°C
	$V_{\text{ventc}}(h)$	Vitesse du vent au pas de temps h .	m/s
Saisons	$Aut_{\text{ch,pro}}^{gr}(j)_{gr \subset \text{et}}$	Autorisation de chauffer propre au groupe. La valeur 0 correspond à l'interdiction de chauffer.	Ent.
	$Aut_{\text{fr,pro}}^{gr}(j)_{gr \subset \text{et}}$	Autorisation de refroidir propre au groupe. La valeur 0 correspond à l'interdiction de refroidir.	Ent.
Scénarios	$i_{\text{hergement}}^{gr}$	Indicateur d'usage résidentiel ou hébergement. <i>0 : usage non-résidentiel et non-hébergement.</i> <i>1 : usage résidentiel ou hébergement.</i>	Bool
Groupe des	$\theta_{\text{op,fin}}^{gr}(h-1)$	Température opérative intérieure des groupes gr reliés à l'espace tampon.	°C
Espace	$\theta_{\text{et}}(h-1)$	Température d'air dans l'espace tampon au pas de temps $h-1$.	°C
	$\{Etp^{*n}\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des éclairagements naturels totaux sur les parois extérieures vitrées de l'espace tampon.	Lux

Sorties

	Nom	Description	Unité
Espace tampon	$R_{\text{protet}}(h)$	Position (exprimée en ratio surfacique) des protections mobiles sur l'ensemble des parois vitrées protégées de l'espace tampon.	Réel
	$R_{\text{ouv}_{\text{et\_eff}}}(h)$	Ratio surfacique d'ouverture des parois vitrées de l'espace tampon au temps h . La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie.	Réel

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv

Protections de l'espace tampon	V_{ventc_lim}	Seuil de vitesse de vent limite pour lequel les protections extérieures sont remontées en gestion manuelle.	m/s	0	$+\infty$	
	θ_{et,i_pm_limb}	Température limite basse pour l'abaissement des protections de l'espace tampon.	°C	0	$+\infty$	
	θ_{et,i_pm_limh}	Température limite haute pour l'abaissement des protections de l'espace tampon.	°C	0	$+\infty$	
	id_{prot}	Indicateur de protections mobiles en place. <i>0 : pas de protections mobiles,</i> <i>1 : présence de protections mobiles.</i>	Entier	0	1	
	$Prot_{et\_ext}$	Indicateur d'emplacement des protections mobiles des parois de l'espace tampon (extérieures ou intérieures). <i>0 : intérieures,</i> <i>1 : extérieures.</i>	Entier	0	1	
Surventilation de l'espace tampon	$\theta_{et\_ouv1}, \theta_{et\_ouv2}, \theta_{et\_fer1}, \theta_{et\_fer2}$	Températures de consigne de l'espace tampon pour la surventilation naturelle.	°C	0	$+\infty$	Voir Tableau 18
	$d\theta_{ext/et\_ouv}$	Ecart de température avec l'extérieur maximal de surventilation naturelle.	°C	0	$+\infty$	Voir Tableau 17
	$\theta_{ext\_seuil\_ouv}$	Température extérieure minimale de surventilation naturelle.	°C	0	$+\infty$	Voir Tableau 17
	id_{surv}	Indicateur de surventilation naturelle possible de l'espace tampon. <i>0 : pas de possibilités de surventilation naturelle.</i> <i>1 : possibilités de surventilation naturelle via des parois manoeuvrables.</i> Conventionnellement fixé à 1.	Entier	0	1	1

Variables internes

Nom	Description	Unité
N	Nombre de parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	Entier
$Saison_{et}(h)$	Indicateur de saison au sens de l'espace tampon.	Entier
$\theta_{et\_regul}(h)$	Température de référence utilisée par la gestion de l'espace tampon.	°C
$\theta_{et\_regul}(h-1)$	Température de référence utilisée par la gestion de l'espace tampon, au pas de temps h-1.	°C
$R_{prot_{et}}(h-1)$	Position (exprimée en ratio surfacique) des protections mobiles sur l'ensemble des parois vitrées protégées de l'espace tampon.	Réel

$Rouv_{ep\_eff}(h-1)$	Ratio surfacique d'ouverture des parois vitrées de l'espace tampon au temps h. La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie.	Réel
$Rouv_{et\_req}(h)$	Ratio surfacique requis d'ouverture des parois vitrées de l'espace tampon au temps h pour le rafraichissement naturel.	Réel
$Rouv_{et\_req}(h-1)$	Ratio surfacique requis d'ouverture des parois vitrées de l'espace tampon au temps h -1 pour le rafraichissement naturel.	Réel
$Aut_{ouv\_et}(h)$	Autorisation d'ouverture des parois de l'espace tampon en fonction de la température extérieure.	Réel
$i_{hergement\_et}$	Indicateur booléen prenant la valeur 1 si l'espace tampon est uniquement en contact de zones à usages résidentiels ou hébergements.	Bool
$i_{per\_sommeil}(h)$	Indicateur de période de sommeil.	Bool

Tableau 15 : Nomenclature du modèle

5.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.3.3.1 Précalculs dynamiques

5.3.3.1.1 Saisons au sens de l'espace tampon solarisé

L'indicateur de saison au sens de l'espace tampon est déterminé à partir des indicateurs de saisons des différents groupes en contact avec lui.

Cet algorithme passe par des variables $Aut_{ch,pro}(h)$ et $Aut_{fr,pro}(h)$ pour chacun des groupes en contact avec l'espace tampon.

Si

$$\sum_{gr \in et} Aut_{ch,pro}^{gr}(j) > 0 \text{ et } \sum_{gr \in et} Aut_{fr,pro}^{gr}(j) > 0$$

$Saison_{et}(j) = 4$, (saison mixte)

Sinon Si

$$\sum_{gr \in et} Aut_{ch,pro}^{gr}(j) > 0$$

, alors $Saison_{et}(j) = 1$, (saison de chauffage)

(96)

Sinon, si

$$\sum_{gr \in et} Aut_{fr,pro}^{gr}(j) > 0$$

$Saison_{et}(j) = 3$, (saison de refroidissement)

Sinon,

$Saison_{et}(j) = 2$ (mi-saison)

Dans toute la suite de la fiche, l'information de saison utilisée est celle au niveau de l'espace tampon.

5.3.3.1.2 Indicateur $i_{hebergement\_et}$

L'indicateur $i_{hebergement\_et}$ ne prend la valeur 1 que si l'intégralité des groupes en contact avec l'espace tampon solarisé sont des locaux résidentiels ou d'hébergement. Dans ce cas, les algorithmes de gestion/régulation ne sont plus actifs en période nocturne de manière à tenir compte du sommeil des occupants.

$$i_{hebergement\_et} = MIN(i_{hebergement}^{gr}) \quad (97)$$

5.3.3.2 Température de référence pour la gestion de l'espace tampon

Afin de prendre en compte à la fois le confort dans les locaux occupés et les éventuelles surchauffes dans l'espace tampon même, la température prise en compte dans les algorithmes de gestion de l'espace tampon est la suivante :

$$\theta_{et\_regul}(h) = MAX(\theta_{et}(h-1) ; MAX(i_{occ}^{gr}(h). \theta_{op,fin}^{gr}(h-1))_{gr \text{ lié à ET}}) \quad (98)$$

Un temps de réaction des occupants d'une heure est pris en compte (valeurs de θ à $h-1$).

5.3.3.3 Gestion/régulation des protections mobiles des parois vitrées de l'espace tampon

En l'absence de protections mobiles, l'algorithme décrit ci-dessous n'est pas pris en compte, et on applique un ratio de protection nulle à l'ensemble des parois de l'espace tampon :

$$\text{Si } id_{prot} = 0, \text{ alors, } R_{prot_{et}}(h) = 0 \quad (99)$$

Dans le cas contraire ($id_{prot} = 1$), les protections mobiles prises en compte au niveau des espaces tampon sont conventionnellement de type stores enroulables intérieurs ou extérieurs, associées à un modèle de gestion simplifié. On considère de plus que ces protections sont légères et sans impact sur les coefficients de transmission thermique U_e des parois de l'espace tampon vers l'extérieur.

La gestion/régulation des protections mobiles de l'espace tampon repose sur la température de référence pour la gestion de l'espace tampon au travers du diagramme représenté en figure 1. Les températures de consigne sont définies de manière conventionnelle en fonction de la saison.

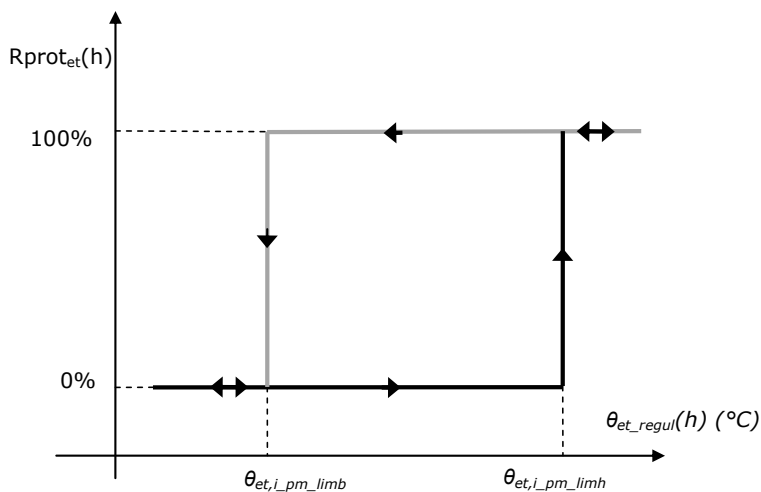


Figure 16: diagramme du ratio de protections mobiles en fonction de la température au sein de l'espace tampon

	Saison de chauffage	Saison mixte ou mi-saison	Saison de refroidissement
θ_{et,i_pm_limb}	28°C	26°	24°C
θ_{et,i_pm_limh}	30°C	28°C	26°C

Tableau 16: Valeur des températures de consigne pour la gestion des protections mobiles de l'espace tampon solarisé

La vitesse de vent est également prise en compte pour les protections mobiles extérieures.

L'algorithme est donc le suivant :

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } \sum_{n=1}^N Etp * ^n > 0, \text{ alors, (période où l'espace tampon reçoit de l'éclairement)} \\
 &\quad \text{Si } Prot_{et\_ext} = 0 \text{ ou } Vent_c(h) \leq Vent_{c\_lim}, \text{ alors, (protections intérieures ou} \\
 &\quad \text{vitesse de vent inférieure à la limite de blocage des protections)} \\
 &\quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \theta_{et\_regul}(h) \leq \theta_{et\_i\_pm\_limb}, \text{ alors,} \\ \quad Rprot_{et}(h) = 0 \\ \\ \text{Sinon, si } \theta_{et\_regul}(h) \geq \theta_{et\_i\_pm\_limh}, \\ \quad Rprot_{et}(h) = 1 \\ \\ \text{Sinon,} \\ \quad Rprot_{et}(h) = Rprot_{et}(h-1) \end{array} \right. \quad (100) \\
 &\quad \text{Sinon, (protections extérieures et vitesse de vent supérieure à la limite de} \\
 &\quad \text{blocage des protections)} \\
 &\quad \left\{ \begin{array}{l} Rprot_{et}(h) = 0 \end{array} \right. \\
 &\quad \text{Sinon, (période où l'espace tampon ne reçoit pas d'éclairement)} \\
 &\quad Rprot_{et}(h) = 0
 \end{aligned}$$

5.3.3.4 Surventilation de l'espace tampon solarisé

On considère conventionnellement que l'espace tampon solarisé peut être surventilé par ouverture de ses parois.

$$id_{surv} = 1 \quad (101)$$

5.3.3.4.1 Autorisation de surventilation de l'espace tampon solarisé

La gestion de la surventilation naturelle repose sur une autorisation en fonction de la température extérieure. L'hypothèse retenue est celle d'un mode de gestion manuel par les occupants.

L'algorithme est donc le suivant :

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } \theta_{ext\_seuil\_ouv} \leq \theta_{ext}(h) \text{ et } \theta_{ext}(h) \leq \theta_{et\_regul}(h) - d\theta_{ext/et\_ouv}, \text{ alors,} \\
 &\quad Aut_{ouv\_et}(h) = 1 \\
 &\quad \text{Sinon,} \\
 &\quad Aut_{ouv\_et}(h) = 0
 \end{aligned} \quad (102)$$

Les valeurs de consigne sont conventionnelles en surventilation naturelle, pour correspondre à un mode de gestion par les occupants (

Tableau 17).

		Saison de chauffage	Saison mixte ou mi-saison	Saison de refroidissement
Surventilation naturelle	$d\theta_{ext/et\_ouv}$	-6°C	-6°C	-6°C
	$\theta_{ext\_seuil\_ouv}$	12°C	10°C	8°C

Tableau 17: Paramètres conventionnels d'autorisation de surventilation naturelle de l'espace tampon solarisé

5.3.3.4.2 Algorithme de gestion de la surventilation naturelle

Le rafraîchissement de l'espace tampon peut être effectué par surventilation naturelle, via l'ouverture des parois extérieures. L'hypothèse retenue est celle d'une gestion manuelle. Les occupants du bâtiment gèrent le ratio d'ouverture afin d'éviter une température trop élevée au sein de l'espace tampon. L'exposition au bruit de celui-ci n'est pas prise en compte, dans la mesure où elle intervient déjà au niveau des baies du bâtiment.

L'algorithme de gestion repose sur un diagramme à hystérésis tel que décrit ci-dessous :

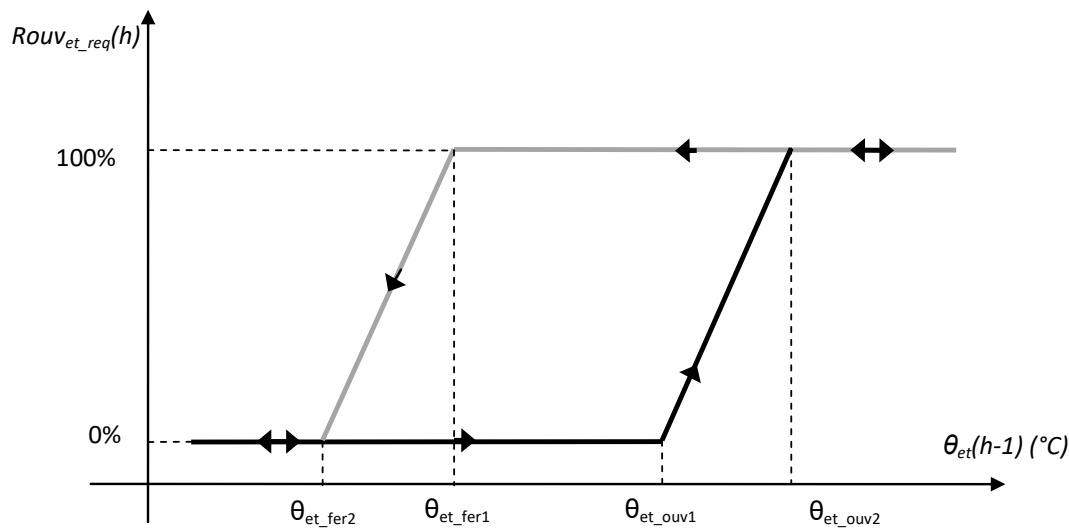


Figure 17: Diagramme des valeurs de $Rouv_{et\_req}$ en fonction de la température de l'espace tampon

Les valeurs de consigne utilisées en fonction de la saison au sens de l'espace tampon sont les suivantes :

	Saison de chauffage	Mi-saison ou saison mixte	Saison de refroidissement
θ_{et_ouv1}	29°C	27°C	25°C
θ_{et_ouv2}	30°C	28°C	26°C
θ_{et_fer1}	27°C	25°C	23°C
θ_{et_fer2}	26°C	24°C	22°C

Tableau 18: Paramètres conventionnels de consigne pour la gestion de la surventilation naturelle de l'espace tampon

5.3.3.4.3 Période de sommeil nocturne en résidentiel et hébergement

Dans les groupes à usage résidentiel ou d'hébergement, les occupants sont conventionnellement en période de sommeil entre 22h et 7 h heure légale.

Si $i_{\text{hébergement\_et}} = 1$ et $(h_{\text{leg}}(h) > 22 \text{ ou } h_{\text{leg}}(h) < 7)$, alors, (103)

$$i_{\text{per\_sommeil}}(h) = 1$$

Sinon,

$$i_{\text{per\_sommeil}}(h) = 0$$

5.3.3.4 Ratio de surventilation requis en fonction de la température dans l'espace tampon solarisé

L'algorithme de gestion/régulation en fonction de la température de l'espace tampon intervient en période d'occupation ou d'inoccupation des locaux.

Si $\theta_{et\_regul}(h) \leq \theta_{et\_fer2}$, alors,

$$Rouv_{et\_req}(h) = 0$$

Sinon, si $\theta_{et\_regul}(h) \geq \theta_{et\_ouv2}$, alors,

$$Rouv_{et\_req}(h) = 1$$

Sinon,

Si $\theta_{et\_regul}(h-1) \leq \theta_{et\_regul}(h)$ (augmentation de température dans l'espace solarisé), alors,

Si $\theta_{et\_regul}(h) \leq \theta_{et\_ouv1}$,

$$Rouv_{et\_req}(h) = Rouv_{et\_req}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{et\_ouv1} < \theta_{et\_regul}(h) < \theta_{et\_ouv2}$)

$$Rouv_{et\_req}(h) = \max\left(\frac{\theta_{et\_regul}(h) - \theta_{et\_ouv1}}{\theta_{et\_ouv2} - \theta_{et\_ouv1}}; Rouv_{et\_req}(h-1)\right) \quad (104)$$

Sinon, (diminution de température dans l'espace solarisé)

Si $\theta_{et\_regul}(h) \geq \theta_{et\_fer1}$,

$$Rouv_{et\_req}(h) = 0.5$$

Sinon,

$$Rouv_{et\_req}(h) = Rouv_{et\_req}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{et\_fer1} > \theta_{et\_regul}(h) > \theta_{et\_fer2}$)

$$Rouv_{et\_req}(h) = \min\left(\frac{\theta_{et\_regul}(h) - \theta_{et\_fer2}}{\theta_{et\_fer1} - \theta_{et\_fer2}}; Rouv_{et\_req}(h-1)\right)$$

5.3.3.4.5 Ratio de surventilation naturelle effectif

En occupation, l'état de la surventilation évolue heure par heure en fonction des températures sur lesquelles la régulation est faite. De nuit en résidentiel/hébergement, le dernier état d'ouverture en occupation est conservée pour la part $Part_{ouv\_et\_inocc}$ des parois de l'espace tampon. Le reste des parois est refermé.

Si $i_{per\_sommeil}(h) = 1$ (en période de sommeil), alors,

$$Rouv_{et\_eff}(h) = Rouv_{et\_req}(h-1) \quad (105)$$

Sinon, (hors période de sommeil)

$$Rouv_{et\_eff}(h) = Aut_{ouv\_et}(h) \cdot Rouv_{et\_req}(h)$$

5.4 Espaces tampons

5.4.1 INTRODUCTION

Les espaces tampons regroupent l'ensemble des locaux non-chauffés (ou chauffés à une température de consigne moins de 12°C) en contact avec l'enveloppe d'un ou plusieurs locaux chauffés.

On opère une distinction entre espaces tampons :

- **Solarisés** : il s'agit de l'ensemble des espaces tampons dont l'essentiel de la surface d'enveloppe en contact avec l'air extérieur (hors plancher) est constitué de baies vitrées. En pratique, il s'agit des vérandas, serres, atriums, ou encore des jardins d'hiver.
- **Non-solarisés** : cette catégorie englobe le reste des espaces tampons, c'est-à-dire ceux dans l'enveloppe en contact avec l'air extérieur est constitué de parois opaques. Il s'agit entre autres de la majorité des combles, garages, celliers non-chauffés, parkings privés, circulations hors volume chauffé, ou chaufferies.

Un espace tampon est défini au niveau du bâtiment, et doit nécessairement être associé à au moins un composant d'enveloppe (paroi opaque, baie) d'un groupe.

Un espace tampon est caractérisé par trois coefficients de réduction $b_{therm,i}(h)$, $b_{solaire,i}(h)$ et $b_{ecl,i}(h)$, déterminés de manière dynamique.

Ces coefficients de réduction sont ensuite appliqués à chaque baie, paroi opaque et pont thermique situés à l'interface entre le volume chauffé et le volume de l'espace tampon.

5.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 19 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul.
Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Uni
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur, au temps h .	°C
	$V_{ventc}(h)$	Vitesse du vent au pas de temps h .	m/s
Environnement proche	$\{Drp^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des rayonnements directs incidents pour les différentes parois extérieures de l'espace tampon.	W/m ²
	$\{Dfp^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des rayonnements diffus incidents pour les différentes parois extérieures de l'espace tampon.	W/m ²
	$\{Rrp^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des rayonnements réfléchis incidents pour les différentes parois extérieures de l'espace tampon.	W/m ²
Groupes	$\theta_{i,fin}^{gr}(h-1)_{gr \in et}$	Températures de l'air intérieur, au temps $h-1$, des différents groupes connectés à l'espace tampon. Valeur initiale=19°C	°C
Baies	$H_{ges\_set}^b$	Coefficient de transmission thermique global pour la baie vitrée b entre les environnements intérieurs et extérieurs, sans les espaces tampons.	W/K
Parois	$H_{TH\_set}^k$	Coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur, sans les espaces tampons.	W/K
PT	$H_{TH\_set}^l$	Coefficient de transmission thermique global du pont thermique l entre l'extérieur et l'intérieur, sans les espaces tampons.	W/K
Génér.	$\Phi_{rejet}^{gnr}(h-1)$	Rejets froids des générateurs thermodynamiques d'ECS utilisant l'air de l'espace tampon comme source amont (évaporateur). Valeur initiale= 0W	W
Gestion/régulation	$R_{protet}(h)$	Position (exprimée en ratio surfacique) des protections mobiles sur l'ensemble des parois vitrées protégées de l'espace tampon.	Réel
	$R_{ouv\_et\_eff}(h)$	Ratio surfacique d'ouverture des parois vitrées de l'espace tampon au temps h . La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie.	Réel
	$\theta_{et}(h-1)$	Température d'air dans l'espace tampon au pas de temps $h-1$. Valeur initiale=10°C	°C
Sorties			

	Nom	Description	Uni
Composants d'enveloppe et entrées d'air	$b_{therm}(h)$	Coefficient de réduction des déperditions thermiques dû à la présence de l'espace tampon.	-
	$b_{solaire}(h)$	Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon.	-
	$b_{ecl}(h)$	Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon (concerne uniquement les baies vitrées).	-
	$\theta_{et}(h)$	Température d'air dans l'espace tampon au pas de temps h.	°C

Paramètres d'intégration

	Nom	Description	Uni	Min	Max	Co nv.
Espace tampon	$\{A_{ue}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des surfaces des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	m²	0	$+\infty$	-
	A_{et}	Surface au sol de l'espace tampon.	m²	0	$+\infty$	-
	$Q_{v,et,base}$	Débit d'air de base de l'espace tampon, hors surventilation, associé aux défauts d'étanchéité et éventuelles entrées d'air.	m³/h	0	$+\infty$	
	$H_{ttf_{et}}$	Hauteur de tirage thermique en surventilation naturelle de l'espace tampon.	m	0	$+\infty$	-

Paramètres intrinsèques

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Co nv.
ET non-solarisé	$i_{solarise}$	Indicateur booléen : <i>0 : espace tampon non-solarisé,</i> <i>1 : espace tampon solarisé.</i>	bool	0	1	
	b_{et_ns}	Coefficient b de réduction des déperditions de l'espace tampon non-solarisé, tel que défini dans les règles Th-Bat.	Réel	-5	1	
ET solarisé	$C_{m\_et\_surf}$	Capacité thermique quotidienne de l'espace tampon par unité de surface au sol.	kJ/(m².K)	0	$+\infty$	20 0
	U_{et_pb}	Coefficient de déperdition thermique équivalent par le plancher bas de l'espace tampon.	W/(K.m²)	0	$+\infty$	-

Parois extérieures de l'espace tampon solarisé	N	Nombre de parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	Entier	0	$+\infty$	-
	$\{U_{ue}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des coefficients de transmission thermique U_{ue} des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur.	W/(K.m ²)	0	$+\infty$	-
	$\{S_{we\_sp}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs solaires globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, sans protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{S_{we\_ap}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs solaires globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, avec protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{T_{le\_sp}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs de transmission lumineux globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, sans protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{T_{le\_ap}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des facteurs de transmission lumineux globaux des N parois de l'espace tampon donnant sur l'extérieur, avec protection mobile en place.	Réel	0	1	-
	$\{R_{ouv\_max}^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des ratios d'ouverture maximale des N parois de l'espace tampon.	Réel	0	1	-
Variables internes						
Bilan des débits d'air de l'espace tampon	Nom	Description	Unité			
	$H_{et\_th\_ext}$	Coefficient de transmission thermique global de l'espace tampon vers l'extérieur.	W/K			
	$H_{et\_th\_int}^{gr\_gr<et}$	Coefficients de transmission thermique global de l'espace tampon vers les différents groupes gr .	W/K			
	$H_{et\_th\_int\_eq}$	Coefficient d'échange thermique avec le volume chauffé équivalent.	W/°C			
	$\theta_{l\_eq}(h)$	Températures de l'air intérieur vue par l'espace tampon au pas de temps h .	°C			
	$Q_{v\_et\_ent}(h)$	Débit volumique total entrant dans l'espace tampon au pas de temps h (venant de l'extérieur).	m ³ /h			
	$A_{ouv\_et}(h)$	Surface d'ouverture des parois de l'espace tampon.	m ²			

$Q_{v\_surv\_ouv}(h)$	Débit de surventilation par ouverture des parois de l'espace tampon.	m ³ /h
$F_{s\_et}(h)$	Flux de chaleur total transmis au travers des parois extérieures à l'espace tampon.	W
C_{m_et}	Capacité thermique de l'espace tampon, exprimée en Wh/°C.	°C
$\{I_{sr}^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}}$	Vecteur des rayonnements solaires globaux atteignant les différentes parois extérieures de l'espace tampon.	W/m ²
$\Phi_{et}(h)$	Somme des flux d'échanges thermiques de l'espace tampon avec l'extérieur et le volume chauffé.	W
$H_{et}(h)$	Somme des coefficients d'échange thermiques de l'espace tampon avec l'extérieur et le volume chauffé.	W/°C
$\Phi_{rejet}(h)$	Puissance totale des générateurs thermodynamiques d'ECS utilisant l'air de l'espace tampon comme source amont (évaporateur).	W
$C_{corr\_th}(h)$	Coefficient de correction dynamique utilisé pour prendre en compte les puissances d'évaporateurs dans les espaces tampons non-solarisés.	W

Constantes

Nom	Description	Unité	Co nv.
$\eta_{app\_sol\_et}$	Rendement de récupération des apports solaires par l'espace tampon solarisé.	Réel	0.8
η_{att_Sw}	Facteur correctif d'atténuation utilisé dans le calcul de $b_{solaire}$.	Réel	0.9
η_{att_TI}	Facteur correctif d'atténuation utilisé dans le calcul de b_{ecl} .	Réel	0.9
C_{v_air}	Capacité thermique volumique de l'air dans les conditions standards de l'atmosphère.	Wh/ m ³ /K	0.3 4
K_{kJ_Wh}	Coefficient de passage du kJ au Wh.	Wh/k J	1/3 .6
C_w	Constante de prise en compte de la vitesse du vent dans les débits par les ouvertures.	-	0.0 01
C_{st}	Constante de prise en compte des effets de tirage thermique dans les débits par les ouvertures.	m/(°C .s ²)	0.0 035

Tableau 19 : Nomenclature du modèle

5.4.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

5.4.3.1 Coefficient d'échange avec le volume chauffé et température intérieure équivalents

Le coefficient de transmission thermique global d'un groupe gr vers l'espace tampon est calculé de la manière suivante:

$$H_{et\_th\_int}^{gr}(h) = \sum_{\substack{b \in et \\ b \in gr}} Hg_{es\_set}^b(h) + \sum_{\substack{k \in et \\ k \in gr}} H_{th\_set}^k(h) + \sum_{\substack{l \in et \\ l \in gr}} H_{th\_set}^l(h) \quad (106)$$

Le coefficient de transmission thermique global équivalent vers le volume chauffé est le total des coefficients de l'ensemble des groupes en contact avec l'espace tampon :

$$H_{et\_th\_int\_eq}(h) = \sum_{gr \Leftrightarrow et} H_{et\_th\_int}^{gr}(h) \quad (107)$$

Les deux calculs précédents sont réalisés en début de simulation.

La température d'air intérieure équivalente vue par l'espace tampon est calculée de manière dynamique en fonction des températures des différents groupes en contact :

$$\theta_{i\_eq}(h) = \frac{\sum_{gr \Leftrightarrow et} (H_{et\_th\_int\_eq}(h) \cdot \theta_{i\_fin}^{gr}(h-1))}{H_{et\_th\_int\_eq}(h)} \quad (108)$$

5.4.3.2 Cas des espaces tampons non-solarisés

5.4.3.2.1 Utilisation de l'espace tampon pour les générateurs thermodynamiques d'ECS

Certains systèmes de production d'ECS thermodynamique utilisent l'air des espaces tampons en tant que source amont (évaporateur). Conventionnellement, on considère que ce type de système ne peut pas être utilisé sur des espaces tampons solarisés.

De manière à tenir compte de l'impact de cet échange, on détermine pour chaque pas de temps la somme des puissances des évaporateurs :

$$\Phi_{rejet}(h) = \sum_{gnr \rightarrow et} \Phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (109)$$

5.4.3.2.2 Coefficient de correction

Les espaces tampons non-solarisés sont caractérisés par des coefficients de réduction des déperditions constants, et coefficients de réduction des flux solaires et de l'éclairement nuls au cours de la simulation. Le coefficient de réduction des déperditions doit faire l'objet d'un calcul préalable selon les règles Th-Bat. Il subit une correction en fonction de $\phi_{rejet}(h)$.

Si $\phi_{rejet}(h) = 0$,

$$C_{corr\_therm}(h) = 1$$

Sinon,

$$C_{corr\_therm}(h) = \frac{\theta_{i\_eq}(h) - \theta_{ext}(h) - \frac{1 - b_{et\_ns}}{b_{et\_ns}} \frac{\Phi_{rejet}(h)}{H_{et\_th\_int\_eq}(h)}}{\theta_{i\_eq}(h) - \theta_{ext}(h)} \quad (110)$$

Le calcul des différents coefficients de réduction est le suivant :

$$b_{therm}(h) = b_{et\_ns} \cdot C_{corr\_therm}(h) \quad (111)$$

$$b_{solaire}(h) = 0 \quad (112)$$

$$b_{ecl}(h) = 0 \quad (113)$$

On en déduit la température d'air au sein de l'espace tampon :

$$\theta_{et}(h) = b_{therm}(h) \cdot \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \cdot \theta_{i\_eq}(h) \quad (114)$$

5.4.3.3 Cas des espaces tampons solarisés

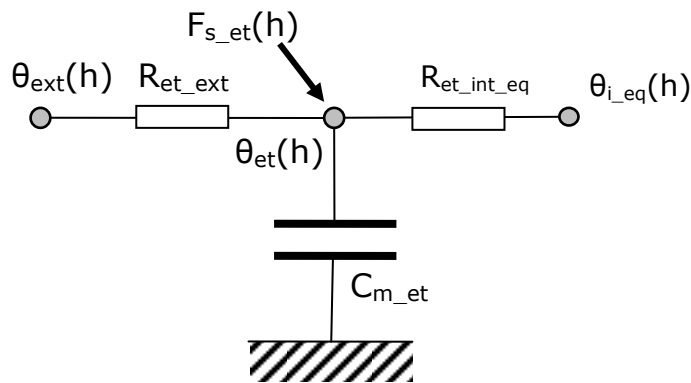
Les espaces tampons solarisés font l'objet d'une modélisation dynamique simplifiée prenant en compte les échanges thermiques par les parois extérieures et intérieures, les débits d'air entrants et les apports solaires par les parois de l'espace tampon.

L'objectif est le calcul de la température d'air d'équilibre horaire dans l'espace tampon, de manière à déterminer la valeur du coefficient de réduction $b_{therm,i}(h)$.

5.4.3.3.1 Coefficient de réduction des échanges thermiques

Le calcul du coefficient de réduction des pertes thermiques $b_{therm,i}(h)$ passe par le calcul de la température d'air à l'intérieur de l'espace tampon solarisé.

On adopte la modélisation simplifiée réseau RC suivante du comportement thermique de l'espace tampon.



Les « résistances » du réseau englobent les phénomènes d'échange thermique par conduction au travers des parois, les phénomènes de convection/rayonnement, et les échanges aérauliques (renouvellement d'air).

5.4.3.3.1.1 Coefficients de transmissions thermiques avec l'extérieur

L'espace tampon est en contact avec l'extérieur au travers de ses parois externes, et avec le volume chauffé au travers de ses baies, parois opaques et ponts thermiques.

Le coefficient de transmission thermique global par les parois de l'espace tampons est constant au cours de la simulation. Par soucis de simplification, les ponts thermiques de l'enveloppe de l'espace tampon vers l'extérieur ne sont pas pris en compte.

$$H_{et\_th\_ext} = \sum_{n=1}^N (A_{ue}^n \cdot U_{ue}^n) + U_{et\_pb} \cdot A_{et} \quad (115)$$

5.4.3.3.1.2 Capacité thermique de l'espace tampon

La capacité thermique de l'espace tampon s'exprime en Wh/°C :

$$C_{m\_et} = C_{m\_et\_surf} \cdot A_{et} \cdot K_{kJ\_Wh} \quad (116)$$

5.4.3.3.1.3 Calcul des apports solaires de l'espace tampon

Le vecteur des rayonnements solaires globaux sur les N parois extérieures de l'espace tampon se calcule par sommation des vecteurs des différents termes :

$$\{Isr^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}} = \{Drp^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}} + \{Dfp^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}} + \{Rrp^*(h)^n\}_{n=\{1;N\}} \quad (117)$$

Le flux de chaleur total transmis à l'espace tampon est obtenu par produits des rayonnements globaux, des surfaces et des facteurs solaires des parois extérieures. Les éventuelles mises en place des protections mobiles sont prises en compte au travers d'un facteur solaire spécifique.

$$\{S_{we}^n\}_{n=\{1;N\}} = R_{prot_{et}}(h) \cdot \{S_{we_{ap}}^n\}_{n=\{1;N\}} + (1 - R_{prot_{et}}(h)) \cdot \{S_{we_{sp}}^n\}_{n=\{1;N\}} \quad (118)$$

$$Fs_{et}(\square) = \eta_{app_{sol_{et}}} \times \sum_{n=1}^N (S_{we}^n \times A_{ue}^n \times Isr^{*n}(\square)) \quad (119)$$

On introduit également un rendement de récupération des apports solaires $\eta_{app_{sol_{et}}}$ de 80% pour tenir compte des défauts de transmissions et d'absorption des apports solaires de l'espace tampon, ainsi que de la part transmise directement au volume chauffé.

5.4.3.3.1.4 Calcul des débits entrants dans l'espace tampon

Le bilan des échanges aérauliques entre l'espace tampon, l'extérieur et l'intérieur du bâtiment sont modélisés de manière simplifiée. On intègre à ce bilan :

- Le débit de surventilation naturelle par ouverture des parois extérieures de l'espace tampon :

$$Aouv_{et}(h) = Rouv_{et_{eff}} \times \sum_{n=1}^N Rouv_{max}^n \times A_{ue}^n \quad (120)$$

$$Q_{v_{surv_{ouv}}}(h) = 1800 \cdot Aouv_{et}(h) \times [Cw \cdot V_{vent_c}(h)^2 + Cst \times Httf_{et} \times ABS(\theta_{ext}(h) - \theta_{et}(h - 1))]^{0.5} \quad (121)$$

Remarque : l'hypothèse retenue pour la circulation d'air est celle d'un espace tampon sur une façade et ne profitant pas des circulations d'air traversantes dans le bâtiment.

- Un débit associé aux infiltrations d'air par les défauts d'étanchéité et les entrées d'air de l'espace tampon $Q_{v_{et_{base}}}$. Par défaut, on retiendra 1.0 m³/h par m² de surface au sol de l'espace tampon.

Au final, le débit total au pas de temps h est le suivant :

$$Q_{v_{et_{ent}}}(h) = Q_{v_{et_{base}}} + Q_{v_{surv_{ouv}}}(h) \quad (122)$$

5.4.3.3.1.5 Bilan thermique de l'espace tampon

La somme des flux thermiques de l'espace tampon est la suivante (en W) :

$$\Phi_{et}(h) = F_{s_{et}}(h) + (H_{et_{th_{ext}}} + 0.34 \cdot Q_{v_{et_{ent}}}(h)) \cdot \theta_{ext}(h) + H_{et_{th_{int_{eq}}}}(h) \cdot \theta_{i_{eq}}(h) \quad (123)$$

La somme des coefficients d'échange thermique est la suivante (en W/°C):

$$H_{et}(h) = H_{et_{th_{ext}}} + 0.34 \cdot Q_{v_{et_{ent}}}(h) + H_{et_{th_{int_{eq}}}} \quad (124)$$

On en déduit la température d'air au sein de l'espace tampon :

$$\theta_{et}(h) = \frac{\phi_{et}(h)}{H_{et}(h)} - \left(\frac{\phi_{et}(h)}{H_{et}(h)} - \theta_{et}(h-1) \right) \cdot e^{-\frac{H_{et}(h)}{C_{m_{et}}}} \quad (125)$$

5.4.3.3.1.6 Calcul du coefficient de réduction thermique b_{therm}

Au final, le coefficient b_{therm} prend la valeur suivante, pouvant être négative, ou positive et inférieure à 1.

$$b_{therm}(h) = MIN(1; \frac{\theta_{i_{eq}}(h) - \theta_{et}(h)}{\theta_{i_{eq}}(h) - \theta_{ext}(h)}) \quad (126)$$

Si $b_{therm}(h) < -15$, alors, $b_{therm}(h) = -15$

Note : de même, on limite la valeur du b_{therm} à -15 pour des raisons de robustesse de la modélisation du comportement thermique du groupe.

5.4.3.3.2 Coefficients de réduction des apports solaires et des apports lumineux

Les parois extérieures de l'espace tampon agissent comme des filtres du rayonnement solaire et de l'éclairage en provenance de l'extérieur. Cet effet de filtre est modélisé au travers du coefficient $b_{solaire}$ et b_{ecl} qui évoluent de manière dynamique en fonction de l'état des protections mobiles.

$$b_{solaire}(h) = \eta_{att_{Sw}} \frac{\sum_{n=1}^N S_{we}^n \cdot A_{ue}^n}{\sum_{n=1}^N A_{ue}^n} \quad (127)$$

$$\{T_{le}^n\}_{n=[1;N]} = R_{prot_{et}}(h) \cdot \{T_{le_{ap}}^n\}_{n=[1;N]} + (1 - R_{prot_{et}}(h)) \cdot \{T_{le_{sp}}^n\}_{n=[1;N]} \quad (128)$$

$$b_{ecl}(h) = \eta_{att_{Tl}} \frac{\sum_{n=1}^N T_{le}^n \cdot A_{ue}^n}{\sum_{n=1}^N A_{ue}^n} \quad (129)$$

5.5 S2_BAT-assemblage_zone

5.5.1 INTRODUCTION

Le niveau zone correspond à un regroupement des parties de bâtiment pour lesquelles les usages donc les scénarios d'utilisation sont identiques.

Conventionnellement, tous les locaux d'une zone sont considérés comme étant en connexion aéraulique. L'impact des défauts d'étanchéité est donc calculé à la frontière d'une zone.

La zone est aussi le niveau auquel sont définies les valeurs de consignes (Températures de consigne en chauffage et en refroidissement)

La zone est composée de un ou plusieurs groupes. Les besoins en refroidissement et en chauffage sont calculés à leur niveau.

5.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 20 donne la nomenclature des différentes variables du modèle en indiquant les modèles élémentaires concernés.

Entrées du système

Nom	Description	Unité
	Données météorologiques	
I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m ²
I_{di}	Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m ²
ψ	Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	rd
γ	Hauteur du soleil	rd
E_{Dn}	Eclairement naturel direct normal	Lux
E_{di}	Eclairement naturel diffus horizontal	Lux
$T_{e_{ciel}}$	Température du ciel	°C
T_e	Température extérieure d'air sec	°C
w_e	Poids d'eau	kg/kgas
T_{eau}	Température de l'eau froide	°C
V_{ent}	La vitesse du vent à 10 m de hauteur	m/s
Dir_{vent}	Direction du vent	°
I_{HJ}	heure de la journée (1 à 24)	-
h	Pas de temps horaire.	h
j	Numéro du jour de simulation.	j
	Choix des saisons	
s	La saison effective à appliquer au groupe au jour j , sous forme d'entier :	
a	1: saison de refroidissement ;	
i	2: mi-saison ;	
s	3: saison de chauffe avec interdiction de refroidir ;	
o	4 : saison de chauffe avec autorisation de refroidir.	
n	Espaces tampons	
b	$\{nb\_esp\_tp^b\}_i$ Nombres d'espaces tampons différents reliés aux baies d'indice b reliées à l'espace tampon i .	-
a	Surfaces maximales d'ouverture des parois de l'espace tampon attribuées aux différentes baies reliées à l'espace tampon i (au prorata de leurs surfaces d'ouverture respectives).	m ²
i	$\{A_{ouv\ max\_tp^b}(h)\}_{b \in i}$	
e		
s		
T		
o	$b_{therm,i}(h)$ Coefficient de réduction des déperditions thermiques dû à la présence de l'espace tampon i .	-
u		
t		
c	$b_{solaire,i}(h)$ Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon i .	-
o		
m		
p		
o		
s	$b_{ecl,i}(h)$ Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon i (concerne uniquement les baies vitrées).	-
a		
n		
t		

Paramètres intrinsèques du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Sorties		
Nom	Description	Unité
$\theta_{i\_fin}^{hall}$	Température du hall à la fin du pas de temps	°C
ω_{fin}^{hall}	Humidité relative du hall à la fin du pas de temps	kg/kg
Bch_m^z	Besoins mensuels en chaud d'une zone	kWh/m²SREF
Bch^z	Besoins annuels en chaud d'une zone	kWh/m²SREF
Bfr_m^z	Besoins mensuels en froid d'une zone	kWh/m²SREF
Bfr^z	Besoins annuels en froid d'une zone	kWh/m²SREF
$Becl_m^z$	Besoin mensuel en éclairage artificiel d'une zone	kWh/m²SREF
$Becl^z$	Besoin annuel en éclairage artificiel d'une zone	kWh/m²SREF
$Bbio_m^z$	Besoin bioclimatique mensuel de la zone	points
$Bbio^z$	Besoin bioclimatique annuel de la zone	points
$SREF^{zn}$	Surface de référence de la zone	m²
	Pour la zone	
	surfaces des parois	
	transmission thermique	
	énergie finale mensuelle et annuelle	
	énergie primaire mensuelle et annuelle	
	énergie primaire par énergie	

Variables internes		
Nom	Description	Unité

Tableau 20 : Nomenclature des différentes variables du modèle de zone

5.5.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Les schémas des figures ci-dessous présentent l'organisation des composants pour l'ensemble d'une zone:

- la Figure 18 dans le cas du calcul Bbio,
- la Figure 19 dans le cas du calcul Cep.

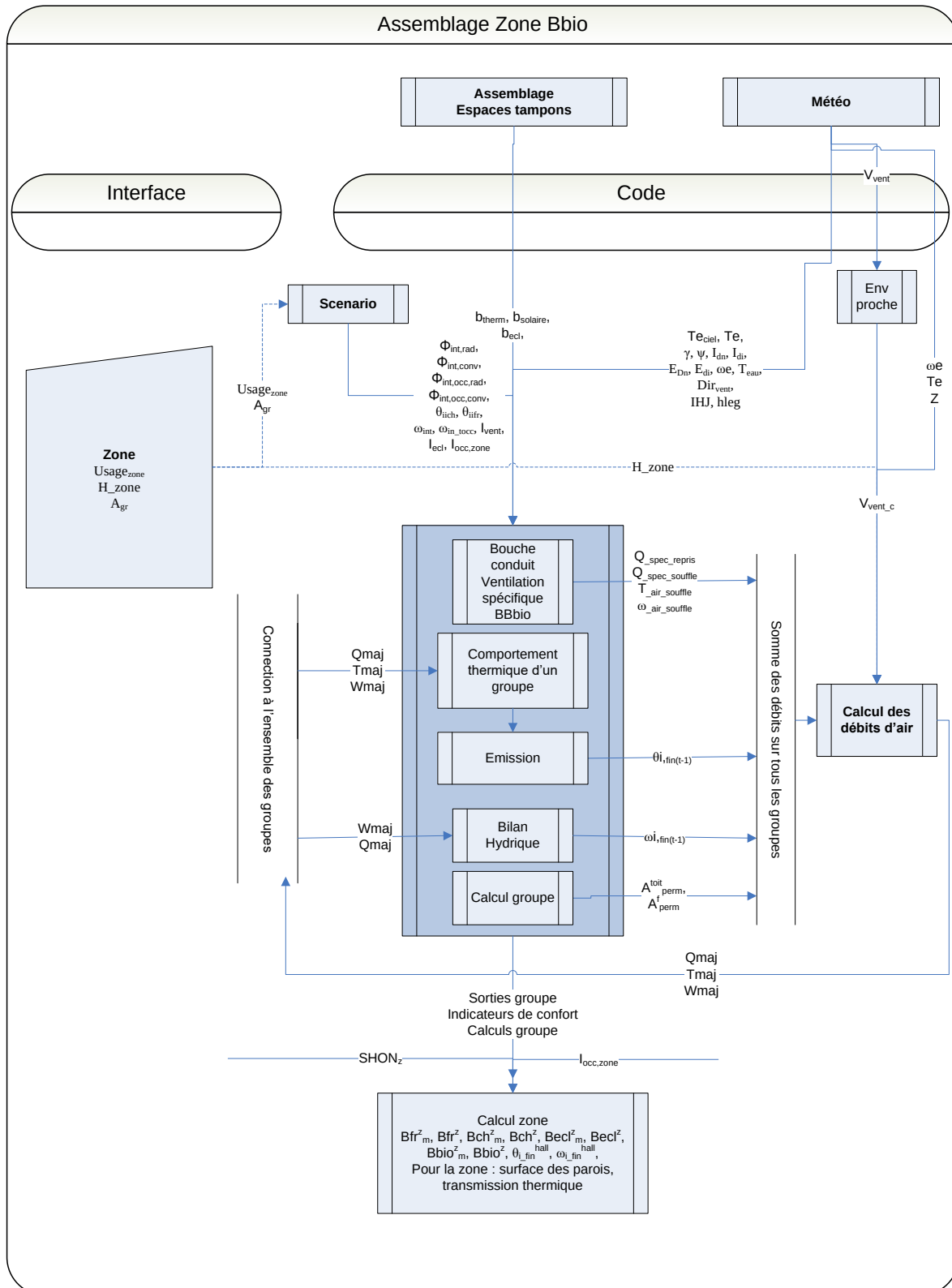


Figure 18 : assemblage des composants d'une zone pour le calcul de Bbio

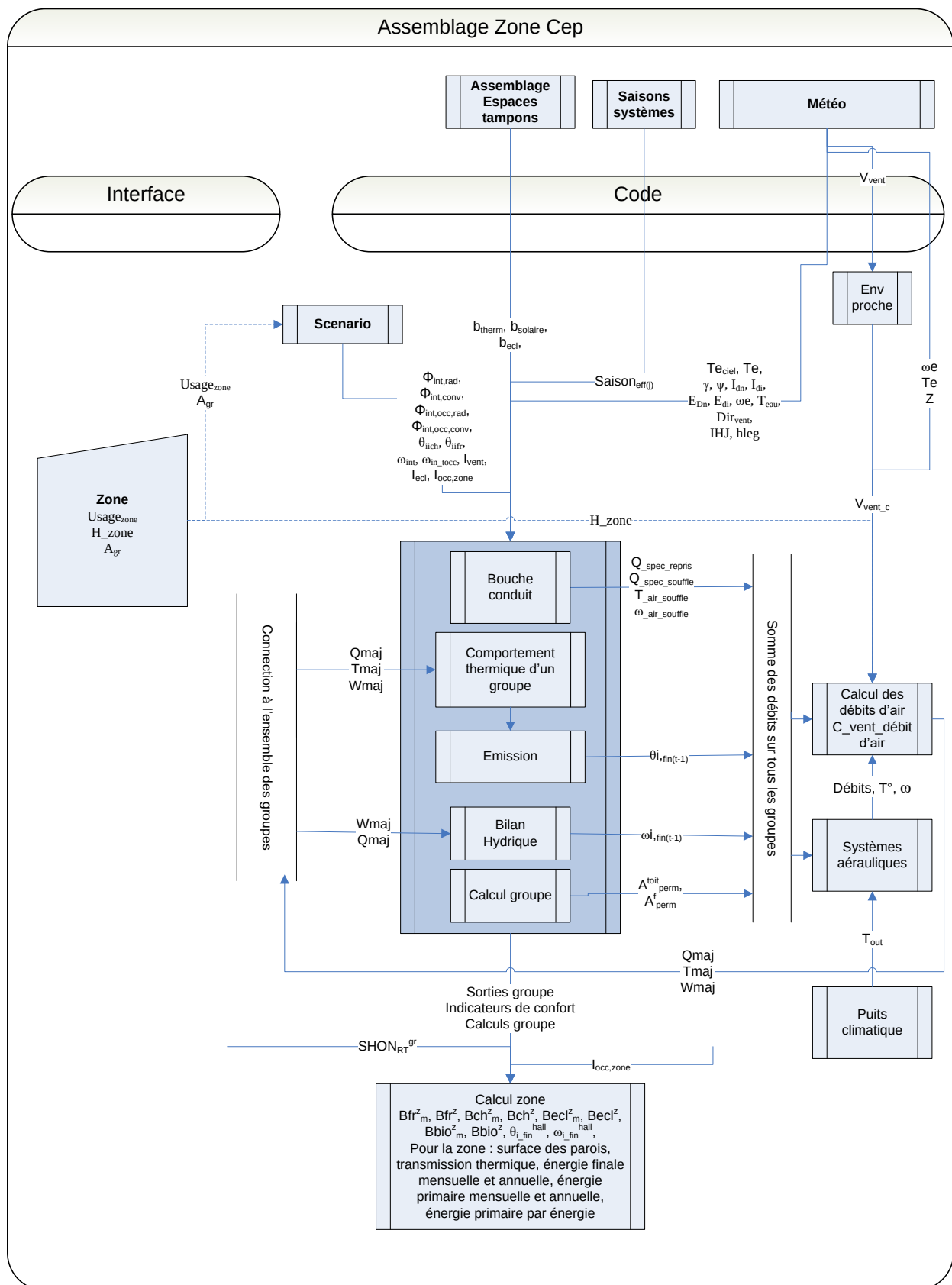


Figure 19 : assemblage des composants d'une zone pour le calcul de Cep

Les étapes du calcul Th-BCE effectués à partir de la zone sont les suivantes :

1. Calcul du bilan aéraulique au niveau de la zone ;
2. Comportement thermique pour chacun des groupes de la zone ;
3. prise en compte des systèmes aérauliques (pour CEP seulement).

5.5.3.1 Bilan aéraulique

Une zone étant composée de un ou plusieurs groupes, l'utilisateur a la possibilité de rentrer un ou plusieurs groupes.

Toutefois, le modèle aéraulique implique l'existence d'un groupe d'échange aéraulique, appelé **Ha11**, par lequel transitent tous les échanges aérauliques entre les groupes composant la zone, voir Figure 20. Ainsi, l'utilisateur a la possibilité de rentrer **au maximum** un groupe de circulation qui joue alors le rôle du groupe **Ha11**. S'il n'en rentre pas, un groupe **Ha11** fictif est généré par le logiciel pour le besoin du calcul. Ce groupe fictif est alors étanche à l'environnement extérieur et ne possède aucun système ni aucun apport interne. Il ne reçoit pas non plus d'apports énergétiques de quelque nature que ce soit et ne possède aucune inertie. Les seules grandeurs qui doivent être calculées au niveau de ce groupe fictif sont la température de l'air et l'humidité de l'air. Elles se sont de la manière suivante :

$$\begin{aligned}\theta_{i\_fin}^{hall} &= \frac{\sum_{ve} \theta_i^{ve} Q_m^{ve}}{\sum_{ve} Q_m^{ve}} \\ \omega_{fin}^{hall} &= \frac{\sum_v \omega_i^{ve} Q_m^{ve}}{\sum_{ve} Q_m^{ve}}.\end{aligned}\tag{130}$$

où :

Q_m^{ve} dénote le débit massique de l'air entrant ve ,

θ_i^{ve} sa température et ω_i^{ve} son humidité.

$\theta_{i\_fin}^{hall}$ est la température finale du hall et ω_{fin}^{hall} est son humidité finale.

Le bilan aéraulique a pour but le calcul de la pression au niveau du plancher de la zone, uniforme par définition dans toute la zone, ainsi que l'ensemble des débits massiques échangés avec le groupe **Ha11** Q_m^j , où j est un indice sur le nombre de groupe hors le groupe **Ha11**.

Les températures de ces flux étant a priori inconnues à ce niveau du calcul, on est conduit à utiliser les températures calculées au pas précédent.

Le modèle aéraulique Th-BCE est décrit dans la fiche C_VEN_Débits_d'air_Cep, la zone y est composée de différents groupes dont le groupe d'échange aéraulique **Ha11**.

La figure suivante montre une zone constituée de plusieurs groupes dont le hall, et précise l'enchaînement des calculs.

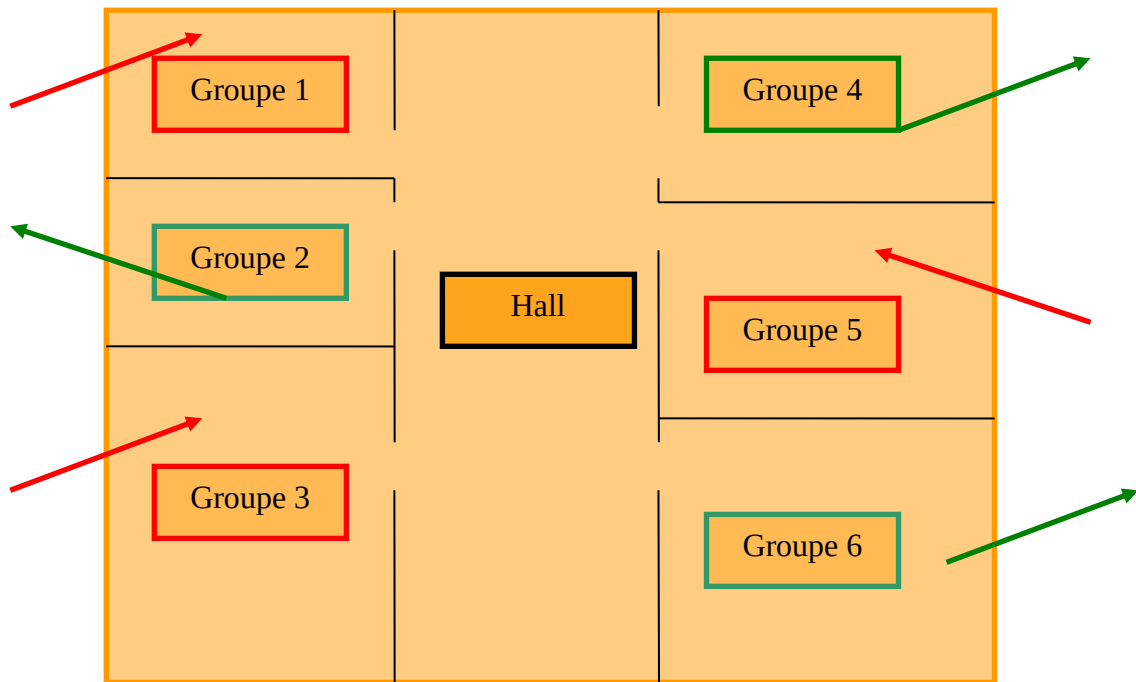


Figure 20 : Bilan aéraulique d'une zone à 6 groupes plus un hall. Dans un premier temps, on effectue le comportement thermique des groupes 1, 3 & 5. Dans une deuxième temps, celui du hall (fictif ou pas). Puis celui des groupes 2,4&6.

5.5.3.2 Comportement thermique

Le comportement thermique est étudié à l'échelle du groupe comme décrit dans la fiche C_BAT_comportement thermique d'un groupe. Ce calcul a besoin en entrée des débits d'air entrants dans le groupe ainsi que de leurs températures et humidités. On procède comme suit.

1. On identifie l'ensemble des groupes donnant de l'air au hall, les groupes dits d'entrée. On appelle N_e leur nombre. Ces groupes sont traités en premier. On effectue le calcul de leur comportement thermique via le modèle RC. Le réseau RC demande en entrée les températures T_{maj} , les débits massiques Q_{maj} et les humidités w_{maj} des flux d'air entrant.
2. On traite ensuite le groupe **Hall**.
 - Si ce groupe n'est pas fictif et correspond à un groupe de circulation entré par l'utilisateur, on traite son comportement thermique par le modèle du réseau RC comme n'importe quel autre groupe. Il a alors N_e débits entrants, un venant de chaque groupe d'entrée dont le comportement thermique a été calculé dans l'étape précédente. La température θ_i^e de chacun de ces débits d'air est calculée par les réseaux RC. La température finale de l'air du **Hall** est notée $\theta_{i_{fin}}^{hall}$.
 - Si le groupe est fictif, on retient un comportement simplifié. Seules la température et l'humidité du **Hall** fictif sont nécessaires pour poursuivre le calcul.
3. On traite enfin les groupes r qui reçoivent de l'air du hall. Le débit massique entrant dans chaque groupe est calculé par le bilan aéraulique. La température de ces débits entrant est θ_j^{hall} . La température de l'air du groupe r , θ_i^r , au pas de temps courant est une des sorties du réseau RC que l'on garde pour la suite.

5.5.3.3Systèmes aérauliques (pour CEP seulement)

Les systèmes aérauliques, CTA et extracteurs par exemple, sont en relation avec C_VEN_Débits_d'air_Cep à qui ils transmettent les débits introduits et les débits repris.

Ces systèmes calculent la température de l'air en entrée de chaque groupe et la consommation électrique des ventilateurs lorsqu'ils sont présents. Le cas échéant, un puits climatique peut être relié à certains systèmes aérauliques.

5.6 C_VEN_Débits_d'air_Cep

5.6.1 INTRODUCTION

Cette fiche décrit le bilan aéraulique au sein d'une zone. Une zone regroupe plusieurs groupes qui ne peuvent communiquer que par l'intermédiaire d'un groupe particulier appelé *hall*.

Les débits d'air entrant dans un groupe ou une zone sont considérés positifs, les débits sortant sont négatifs.

Il faut distinguer les débits d'air spécifiques liés à un système de ventilation des débits d'air dus à la transparence de l'enveloppe. Ces derniers correspondent aux débits passant par les entrées d'air et par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe.

Note : les défauts d'étanchéité de l'enveloppe sont aussi appelés perméabilité à l'air.

La hiérarchisation des différents éléments est la suivante :

1. La zone est l'élément de base qui contient tous les autres. Elle est homogène du point de vue aéraulique, c'est-à-dire qu'on définit une unique pression au niveau du plancher P_{ib} . **La perméabilité et les entrées d'air sont définies au niveau du groupe.**
2. La zone se divise en groupes. Dans chaque groupe est définie une température. **Les débits d'air spécifiques sont définis au niveau du groupe.**
3. Chaque groupe possède des parois. Chaque paroi a une inclinaison et un azimut qui nous permet de lui associer différents paramètres dont on aura besoin au cours du calcul.

“Conventions”

- Les débits massiques d'air sont exprimés en air sec [kg/s].
- Les gains en débit d'air sont comptabilisés positivement, les pertes en débit d'air sont comptabilisées négativement.

$$- \Delta P = P_{ext} - P_{int}$$

“Remarques”

Les débits entrés par l'utilisateur sont en m³/h. Le code de calcul les convertit en m³/s.

5.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 21 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul aéraulique

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Climat	h	Heure de l'année	-			
	θ_{ext}	Température extérieure au pas de temps h	°C			
	we	Humidité spécifique du site	kg/kg as			
	V_{ventc}	Vitesse du vent au pas de temps h	m/s			
Groupe	$\theta_{i,fin}^g$	Température de l'air du groupe g au pas de temps $h-1$	°C			
	$Ps_{sysFR,g}$	Besoin en froid du groupe g .	W			
	$\omega_{i,g,fin}$	Humidité absolue intérieure du groupe à la fin du temps $h-1$	kg/kg as			
Spécifi.	$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe g par le système s	m³/h			
	$q_{spec\_soufflé}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe g par le système s	m³/h			
	$q_{Air\_Neuf,min}^g$	Débit volumique minimal d'air neuf. Il correspond au débit d'hygiène	m³/h			
	$T_{air\_soufflé}^{g,s}$	Température du débit spécifique soufflé au niveau du groupe g par le système s	°C			
	$\omega_{air\_soufflé}^{g,s}$	Poids d'eau du débit spécifique soufflé au niveau du groupe g par le système s	kg/kg as			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Entrées d'air	M^j	Module de l'entrée d'air j	m³/h	$-\infty$	$+\infty$	-
	ΔP_1^j	Pression de changement de comportement de l'entrée j	Pa	$-\infty$	$+\infty$	
	ΔP_2^j	Pression de changement de comportement de l'entrée j	Pa	$-\infty$	$+\infty$	
	M'^j	Module du défaut d'autorégulabilité	m³/h	0	$+\infty$	

zone	r	Atténuation du débit du système anti-retour.	-	0	1	Voir N° d'usage Ty
	δ_{trav_zone}	Caractère traversant de la zone au sens des conditions d'hiver : <i>0 : zone non-traversante,</i> <i>1 : zone traversante.</i>	Ent	0	1	
	$\delta_{permea\_verticale}$	Indicateur de transferts d'air verticaux à l'intérieur de la zone <i>0 : pas de transferts verticaux entre niveaux</i> <i>1 : transferts verticaux possibles entre niveaux</i>	Bool	0	1	
	$i_{hergement}$	Indicateur d'usage résidentiel ou hébergement. <i>0 : usage non-résidentiel et non-hébergement.</i> <i>1 : usage résidentiel ou hébergement.</i>	Bool	0	1	
	h_{zone}	Hauteur entre le point le plus base de la zone et le point le plus haut de la zone.	m	0	$+\infty$	
	$h_{plancher}$	Hauteur du point le plus bas de la zone par rapport au sol extérieur	m	$-\infty$	$+\infty$	
	$Q_{4Pa\_surf}^g$	Perméabilité à l'air du groupe. On utilise une même valeur pour tous les groupes d'une même zone.	m ³ /h/m ²	0	$+\infty$	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
z	Altitude du lieu	m	0	$+\infty$	-
$id_{ecrantage}$	Indicateur d'écrantage du site (obstacles au vent) pour la zone concernée : <i>0 : Site ouvert,</i> <i>1 : Site d'écrantage normal</i> <i>2 : Site écranté.</i>	Ent	0	2	1
A_f^g	Somme de la surface déperditive des baies et des parois opaques verticales du groupe	m ²	0	$+\infty$	-
A_t^g	Surface des toits du groupe g	m ²	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
P_{IB}	Pression au niveau du plancher de la zone	Pa
Q_{maj}^g	Débit massique $\dot{j}$ entrant dans le groupe g	Kg/s
T_{maj}^g	Température du débit massique $\dot{j}$ entrant dans le groupe g	°C
$q_{m,rep,cond}$	Débit massique repris par le groupe de ventilation (CTA ou VMC DF)	kg/s
$q_{m,soufflé,cond}$	Débit massique soufflé par le groupe de ventilation (CTA ou VMC DF)	kg/s
q_{m,Air_Neuf}	Débit massique d'air neuf	kg/s

$q_{m,a\acute{e}ration}^{g,s}$	Débit massique d'aération par ouverture de fenêtre du groupe, défini pour garantir la cohérence avec le calcul de la température des groupes.	kg/s
ω_{maj}^g	Poids d'eau du débit massique j entrant dans le groupe g	kg/kg as
$Q_{v,def,entr}^g$	Au pas temps horaires, débit entrant dans le groupe via les défauts d'étanchéités	m³/h
$Q_{v,EA,entr}^g$	Au pas temps horaires, débit entrant dans le groupe via les entrées d'air	m³/h
$Q_{v,def,sort}^g$	Au pas temps horaires, débit sortant dans le groupe via les défauts d'étanchéités	m³/h
$Q_{v,EA,sort}^g$	Au pas temps horaires, débit sortant dans le groupe via les entrées d'air	m³/h
$\rho_{i,g}$	Masse volumique de l'air du pas de temps h , calculée à partir de la température $\theta_{i,g\ prev}$ et de l'humidité spécifique $w_{i,g\ prev}$ du pas de temps $h-1$	kg/m³
$H_{v,def}^z$	Déperditions par les défauts d'étanchéité au niveau de la zone	W/K

Variables internes

	Nom	Description	Unité
Groupe	Rat_t^g	Ratio de la surface de toits de groupe g sur la surface totale de toit de la zone	-
	Rat_f^g	Ratio de la surface de façade de groupe g sur la surface totale de toit de la zone	-
	Rat_{EA}^g	Ratio caractérisant le module de l'entrée d'air du g	-
	Rat'_{EA}^g	Ratio caractérisant le module du défaut d'autorégulabilité de l'entrée d'air du g	-
	$C_{p,s}^g$	Coefficient de pression du vent « sous le vent » pour le groupe g	-
	$C_{p,v}^g$	Coefficient de pression du vent « au vent » pour le toit pour le groupe g	-
	$C_{p,t}^g$	Coefficient de pression du vent pour le toit pour le groupe g	-
Zone	A_f^{zone}	Surface des façades de la zone	m²
	A_{toit}^{zone}	Surface de toit de la zone	m²
	z_b	Altitude « basse » de la zone	m
	z_h	Altitude « haute » de la zone	m
	z_t	Altitude moyenne du toit de la zone	m
Entrées d'air	C^j	Coefficient de débit d'air de l'entrée d'air j	-
	A^j	Section de l'entrée d'air j	m²
	C'^j	Coefficient de débit d'air associé au défaut d'autorégulabilité de l'entrée d'air j	-

	A'^j	Section associée au défaut d'autorégulabilité de l'entrée d'air j	m^2
	r^j	Coefficient de l'anti-retour de l'entrée d'air j	-
	$q_{v,1}$	débit volumique au premier changement de comportement	m^3/s
	$q_{v,2}$	débit volumique au deuxième changement de comportement	m^3/s
	a^j	Pente du comportement autoréglable de l'entrée d'air j	$m^3/s/Pa$
	b^j	Ordonnée à l'origine du comportement autoréglable de l'entrée d'air j	m^3/s
Perméabilité	$C_{def\_façade}^{zone}$	Coefficient de la perméabilité horizontale	-
	$C_{def\_toit}^{zone}$	Coefficient de la perméabilité verticale	-
Débits d'air équivalents dus aux entrées d'air	$q_{v,EA,vh}^g$	Débit d'air volumique total équivalent au niveau du groupe g au vent en haut	m^3/s
	$q_{v,EA,vb}^g$	Débit d'air volumique total équivalent au niveau du groupe g au vent en bas	m^3/s
	$q_{v,EA,sh}^g$	Débit d'air volumique total équivalent au niveau du groupe g sous le vent en haut	m^3/s
	$q_{v,EA,sb}^g$	Débit d'air volumique total équivalent au niveau du groupe g sous le vent en bas	m^3/s
Perméabilités équivalentes	$C_{def\_façade,sh}$	Coefficient de perméabilité haute sous le vent de la zone	-
	$C_{def\_façade,vb}^g$	Coefficient de perméabilité basse au vent du groupe g	-
	$C_{def\_façade,vh}^g$	Coefficient de perméabilité haute au vent du groupe g	-
	$C_{def\_façade,sb}^g$	Coefficient de perméabilité basse sous le vent du groupe g	-
	$C_{def\_toit}^g$	Coefficient de perméabilité du toit	-
	$q_{m,neuf}^g$	Débit massique d'air neuf entrant par la transparence de l'enveloppe à la température extérieure	kg/s
	$q_{m,trav}^g$	Débit massique d'air traversant par la transparence de l'enveloppe	kg/s
	q_m^g	Débit massique d'air échangé avec les autres groupes	kg/s
	$q_{m,hall}^g$	Débit massique d'air que les groupes autres que le hall échangent avec le hall	kg/s
	$q_{m,spec\_repris}^g$	Débit massique repris par la ventilation spécifique	kg/s

$q_{m,spec,soufflé}^g$	Débit massique soufflé par la ventilation spécifique	kg/s
q_{m,Air_Neuf}	Débit massique d'air neuf	kg/s
$Q_{v,def,entr}^g(\Delta P)$	Débit volumique entrant par tous les défauts d'étanchéité du groupe	kg/m ³
$Q_{v,def,sort}^g(\Delta P)$	Débit volumique sortant par tous les défauts d'étanchéité du groupe	kg/m ³
$Q_{v,EA,entr}^g(\Delta P)$	Débit volumique entrant par toutes les entrées d'air du groupe	kg/m ³
$Q_{v,EA,sort}^g(\Delta P)$	Débit volumique sortant par toutes les entrées d'air du groupe	kg/m ³
$Q_{v,spec,entr}^g(\Delta F)$	Somme des débits volumiques spécifiques entrants dans le groupe	kg/m ³
$Q_{v,spec,sort}^g(\Delta F)$	Somme des débits volumiques spécifiques sortants du groupe	kg/m ³
ρ_{ext}	Masse volumique de l'air extérieur	kg/m ³
ρ_{int}^g	Masse volumique de l'air du groupe g	kg/m ³
$\rho_{air,soufflé}^{g,s}$	Masse volumique de l'air soufflé par le système spécifique s du groupe g	kg/m ³

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv
ρ_{ref}	Masse volumique de référence pour une température dPref de référence = 19 °C	kg/m ³	1.2
θ_{ref}	Température de référence	°C	19
$\{C_p\}$	Collection des coefficients de pression du vent	-	-
$\Delta P_{ref,1}$	Différence de pression de référence pour le calcul des débits des entrées d'air	Pa	20
$\Delta P_{ref,2}$	Différence de pression de référence pour le calcul de la perméabilité	Pa	4
M_a	masses molaires de l'air	g/mol	28,97 6
M_W	masses molaires de l'eau	g/mol	18
R_{H_EA}	Rapport indiquant la position de l'entrée d'air en absence de perméabilité verticale	-	0.92
C_d	Coefficient de décharge	-	0.68
g	Pesanteur	m/s ²	9.81
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006

Tableau 21 : Nomenclature du modèle

5.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.6.3.1 Définitions

5.6.3.1.1 Définition des masses volumiques

La masse volumique de l'air extérieur a pour expression

$$\rho_{ext} = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{ext})} \times \frac{(1 + \omega_e)}{1 + \omega_e \times (M_a / M_w)} \quad (131)$$

A un nœud de température d'air intérieur (pour chaque groupe donc), on associe la masse volumique suivante :

$$\rho_{int}^g = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{i,g,fin})} \times \frac{(1 + \omega_{i,g})}{1 + \omega_{i,g} \times (M_a / M_w)} \quad (132)$$

La masse volumique de l'air soufflé par le système de ventilation spécifique s du groupe g est :

$$\rho_{air\_souffle}^{g,s} = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + T_{air\_souffle}^{g,s})} \times \frac{(1 + \omega_{air\_souffle}^{g,s})}{1 + \omega_{air\_souffle}^{g,s} \times (M_a / M_w)} \quad (133)$$

Pour un groupe donné, si **l'air neuf** entrant dans le groupe via une **entrée d'air** transite d'abord par un **espace tampon**, on a $I_{climatique} = vrai$. Dans le cas contraire $I_{climatique} = Faux$

Si $I_{climatique} = vrai$, alors on définit : $T_{AN}^g = T_{air\_out}$

Si $I_{climatique} = Faux$, alors : $T_{AN}^g = \theta_{ext}$

La masse volumique de l'air neuf entrant dans le groupe via une entrée d'air a alors pour expression :

$$\rho_{AN}^g = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + T_{AN}^g)} \times \frac{(1 + \omega_e)}{1 + \omega_e \times (M_a / M_w)} \quad (134)$$

5.6.3.1.2 Définition des pressions

La différence de pression à laquelle est soumise un composant situé sur une façade de la zone (perméabilité ou entrée d'air) a pour expression :

$$\Delta P_{comp} = P_{ext,comp} - P_{int,comp}, \quad (135)$$

où $P_{ext,comp}$ et $P_{int,comp}$ correspondent respectivement à la pression extérieure et à la pression intérieure vues par le composant en façade. Ces dernières ont pour formulation :

$$P_{ext,comp} = \frac{1}{2} C_p \rho_{ext} \cdot (V_{ventc})^2 - g \cdot z_{comp} \cdot \rho_{ext}, \quad (136)$$

et

$$P_{int,comp} = P_{ib} - \rho_{int} \cdot g \cdot z_{comp} \quad (137)$$

5.6.3.1.3 Définition des coefficients de pression C_p

L'indicateur δ_{trav_zone} de la zone caractérise la possibilité de transferts d'air entre les différentes façades de la zone sur un niveau (au travers des locaux et des cloisons intérieures). Il est à rapprocher aux conditions d'hiver, c'est-à-dire baies vitrées et portes intérieures considérées fermées.

Le caractère traversant de la zone est conventionnel (voir Tableau 22).

La seule exception est le cas de la zone à usage d'habitation – logement collectif. Pour ce dernier, δ_{trav_zone} est pris égal à 1 (traversant), si les logements qui constituent la zone correspondent à des logements :

- traversant au sens du confort d'été,
- dont les portes intérieures d'une façade à une autre comportent un détalonnage.

δ_{trav_zone} est pris égal à 0 (non-traversant) dans le cas contraire.

On peut ainsi avoir cohabitation dans un bâtiment à usage d'habitation – logement collectif, d'une zone traversante, et d'une zone non traversante.

N° d'usage	Type d'usage associé	δ_{trav_zone}
1	Maisons individuelles ou accolées	1
2	Logements collectifs	Non-conventionnel
3	Bureaux	1
4	Enseignement primaire	1
5	Enseignement secondaire	1
6	Médiathèques et bibliothèques	1
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	1
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	0

9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	0
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	1
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	1
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	1
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	1
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	1
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	1
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	1
17	Commerces	1
18	Vestiaires seuls	1
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0
20	Etablissements de santé (partie nuit)	1
21	Etablissements de santé (partie jour)	1
22	Aérogares	1
23	Industries ou artisanats 3x8h	1
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	1
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	1
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	1
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	1
28	Etablissements sportifs privés	1

Tableau 22: relation entre le type d'usage et le caractère traversant du groupe au sens des conditions d'hiver

Pour le toit ou pour une façade donnée, le coefficient de pression C_{pK} est fonction de l'exposition au vent et de la hauteur de la zone comme on peut le voir dans le Tableau 23 : et le Tableau 24.

L'écrantage de la zone est fixée conventionnellement à « normal » ($i_{\text{écranage}} = 1$).

Cas d'une zone traversante ($\delta_{\text{trav\_zone}} = 1$) :

Hauteur de la zone	Ecrantage	$C_{p,v}$ façades au vent	$C_{p,s}$ façades sous le vent	$C_{p,t}$ $C_{p,t}$ Toit (selon son inclinaison β par rapport à la verticale) ²		
				30°-60°	60°-80°	>80°
$h_{\text{moy}} < 15m$	Ouvert	+0.50	-0.70	-0.20	-0.60	-0.70
	Normal	+0.25	-0.50	-0.20	-0.50	-0.60
	Ecranté	+0.05	-0.30	-0.20	-0.40	-0.50
$15m < h_{\text{moy}} < 50m$	Ouvert	+0.65	-0.70	-0.20	-0.60	-0.70
	Normal	+0.45	-0.50	-0.20	-0.50	-0.60
	Ecranté	+0.25	-0.30	-0.20	-0.40	-0.50
$h_{\text{moy}} > 50m$	Ouvert	+0.80	-0.70	-0.20	-0.60	-0.70

Tableau 23 : C_p pour les zones traversantes (réf : NF EN 16798)³

Note : Conventionnellement, pour les zones traversantes, on considèrera un toit avec inclinaison β par rapport à la verticale supérieure à 80 ° quel que soit l'usage considéré (toiture horizontale).

Cas d'une zone non-traversante ($\delta_{\text{trav\_zone}} = 0$) :

$C_{p,v}$ façades au vent	$C_{p,s}$ façades sous le vent	$C_{p,t}$ Toit
0.05	-0.05	0

Tableau 24: C_p pour les zones non traversantes

La hauteur moyenne de la zone est définie par $h_{\text{moy}} = h_{\text{zone}} + 0.5h_{\text{plafond}}$.

On définit les coefficients de pression au niveau de chaque groupe de la manière suivante :

1. $C_{p,v}^g$ coefficient de pression de la paroi du groupe au vent.
2. $C_{p,s}^g$ coefficient de pression de la paroi du groupe sous le vent.
3. $C_{p,t}^g$ coefficient de pression sur le toit du groupe.

Selon la hauteur de la zone et donc du groupe, on peut avoir différentes valeurs de $C_{p,v}^g$, de $C_{p,s}^g$ et de $C_{p,t}^g$.

² Dans la norme, ces valeurs sont données en fonction de l'angle par rapport à l'horizontal ($90 - \beta$)

³ Les coefficients de pression du vent fournis sont valables pour un secteur d'approximativement $\pm 60^\circ$ par rapport à l'axe de façade. La direction du vent n'est pas considérée de façon plus spécifique.

5.6.3.1.4 Caractérisation de la possibilité de transferts d'air verticaux entre niveaux d'une zone (perméabilité verticale)

L'indicateur $\delta_{permea\_verticale}$ caractérise la possibilité de transferts d'air entre niveaux d'une zone, en se basant sur la hauteur de celle-ci (tirage thermique) et le confinement éventuel entre niveaux.

Il s'agit d'un paramètre conventionnel, défini selon la procédure suivante

$$\begin{aligned} \text{Si } i_{herbergement} = 1 \text{ (usage d'habitation ou d'hébergement) ou } h_{zone} < 3 \\ (m), \text{ alors,} \\ \delta_{permea\_verticale} = 0 \text{ (pas de transferts d'air verticaux entre} \\ \text{niveaux de la zone)} \end{aligned} \quad (138)$$

Sinon,

$$\delta_{permea\_verticale} = 1 \text{ (possibilité de transferts d'air verticaux} \\ \text{entre niveaux de la zone)}$$

5.6.3.1.5 Définition des surfaces déperditives

Chaque élément de l'enveloppe d'un groupe (parois opaques donnant sur l'extérieur, baie vitrées et ponts thermiques) est une entrée utilisateur.

A partir de ces données et pour chaque groupe, on comptabilise les diverses surfaces (façade, toit) :

1. Une **façade** est une paroi opaque **ou** une baie dont l'inclinaison par rapport à la verticale est inférieure à 30°. La surface totale des façade d'un groupe g est A_f^g .
2. Un **toit** est une paroi opaque ou une baie dont l'inclinaison par rapport à la verticale est supérieure à 30°. La surface totale de la toiture d'un groupe g est A_t^g .

On introduit la somme des surfaces de façade et la somme des surfaces de toiture au niveau de la zone:

$$\begin{aligned} A_f^{zone} &= \sum_g A_f^g \\ A_t^{zone} &= \sum_g A_t^g \end{aligned} \quad \begin{matrix} (13 \\ 9) \end{matrix}$$

ainsi que les ratios de surface de façade et de toit au niveau du groupe g

$$\begin{aligned} Rat_f^g &= \frac{A_f^g}{A_f^{zone}} \\ Rat_t^g &= \frac{A_t^g}{A_t^{zone}} \end{aligned} \quad (140)$$

5.6.3.2 Les entrées d'air

5.6.3.2.1 Calcul des débits des entrées d'air

Ce paragraphe vise le calcul des débits d'air passant par une entrée d'air de la zone. La section ou le module de l'entrée d'air correspond à la section totale de l'entrée d'air de la zone répartie selon le paragraphe suivant (§5.6.3.2.2). Le débit volumique d'une entrée d'air est décrit par un comportement caractéristique illustré Figure 21 constitué de 4 tronçons de courbes.

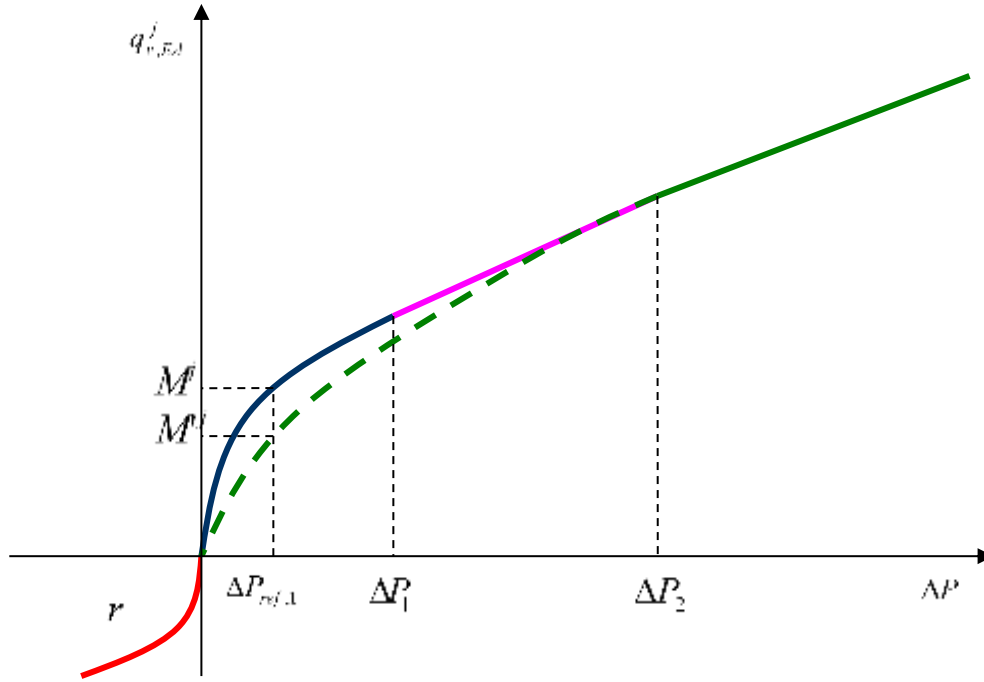


Figure 21 : Courbe caractéristique d'une entrée. On montre l'ensemble des entrées utilisateurs qui peuvent être ajustées afin d'obtenir une entrée d'air fixe ou bien pour obtenir un comportement autoréglable anti-retour.

1. On décrit d'abord la partie principale $0 \leq \Delta P \leq \Delta P_1$:

On introduit $A^j = 10^{-4} \cdot M^j \cdot \left(\frac{10}{|\Delta P_{ref,1}|} \right)^{0,5}$ et $C^j = C_d \cdot \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \right)^{0,5} \cdot A^j$. Le débit volumique dans cette région est alors

$$q_{v,EA}^i(\Delta P) = C^j |\Delta P|^{0,5} \quad (141)$$

Dans le cas où on considère une entrée d'air fixe sans autorégulabilité, $\Delta P_1 = \infty$.

2. $\Delta P_1 < \Delta P$: **On décrit un système autoréglable.** Il est constitué de deux tronçons de courbes, une partie linéaire, est une partie qui se comporte de nouveau comme une entrée d'air fixe. Un commence par décrire cette dernière :

- $\Delta P_2 < \Delta P$

$$- \quad q_{v,EA}^j(\Delta P) = C^j |\Delta P|^{0.5},$$

$$\text{où } C^j = C_d \cdot \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \right)^{0.5} \cdot A'^j \text{ et } A'^j = 10^{-4} \cdot M'^j \cdot \left(\frac{10}{|\Delta P_{ref,1}|} \right)^{0.5}.$$

- $\Delta P_1 < \Delta P \leq \Delta P_2$: c'est le partie autoréglable à proprement parler.

On introduit

$$\begin{aligned} q_{v,1} &= C^j |\Delta P_1|^{0.5} \\ q_{v,2} &= C^j |\Delta P_2|^{0.5}, \end{aligned} \quad (143)$$

On définit

$$\begin{aligned} a &= \frac{q_{v,2} - q_{v,1}}{\Delta P_2 - \Delta P_1} \\ b &= - \frac{q_{v,2} \Delta P_1 - q_{v,1} \Delta P_2}{\Delta P_2 - \Delta P_1}, \end{aligned} \quad (144)$$

d'où on déduit le débit volumique de l'autorégulation

$$q_{v,EA}^j(\Delta P) = |a \times \Delta P + b|. \quad (145)$$

Attention : Il faut vérifier que $C^j \geq C^j \frac{|\Delta P_1|^{0.5}}{|\Delta P_2|^{0.5}}$ (ou de manière équivalente $a \geq 0$). La caractéristique est alors monotone croissante ce qui est nécessaire pour le solveur.

3. Si $\Delta P < 0$, un dispositif anti-retour peut être implémenté :

$$q_{v,EA}^j(\Delta P) = -r C^j |\Delta P|^{0.5} \quad (146)$$

où r est le coefficient de réduction de l'anti-retour. En l'absence d'anti-retour, il est égal à 1.

5.6.3.2.2 Répartition du nombre des entrées d'air et de leur position

Répartition des entrées d'air

Les entrées d'air doivent être réparties de manière conventionnelle au niveau du groupe comme spécifié dans Tableau 25.

Répartition des entrées d'air	Façade au vent	Façades sous le vent
En haut ($z = z_h$)	1/4	1/4
En bas ($z = z_b$)	1/4	1/4

Tableau 25 : Répartition des entrées d'air dans la zone

Hauteur des entrées d'air

La répartition et la hauteur des entrées d'air impactent sur les valeurs de pression intérieure et extérieure, utilisés pour le calcul du paragraphe suivant (§5.6.3.2.1). Elle est fonction de la hauteur de tirage thermique et donc de la hauteur des locaux de la zone et de son degré de cloisonnement entre niveaux. Elle est déterminée de la façon suivante.

- **Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique significative⁴ ; ($\delta_{verticale}^{perméa} = 1$)**

Les différents composants décrivant les entrées d'air sont définis aux altitudes suivantes :

- Altitude basse : $z_b = z + h_{plancher} + 0.25 \times \min(h_{zone}, 15)$
- Altitude haute : $z_h = z + h_{plancher} + 0.75 \times \min(h_{zone}, 15)$

- **Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique négligeable⁵ ; ($\delta_{verticale}^{perméa} = 0$)**

Les différents composants décrivant les entrées d'air sont définis à l'altitude (unique) suivante :

- Altitude unique : $z_b = z + h_{plancher} + R_{H\_EA} \times \min(h_{zone}, 3)$

⁴ La hauteur de tirage thermique induit des transferts d'air verticaux à l'intérieur de la zone. **On parlera de zone avec perméabilité verticale.**

⁵ La hauteur de tirage thermique est négligeable. Elle n'induit pas des transferts d'air verticaux significatifs à l'intérieur de la zone. **On parlera de zone sans perméabilité verticale.**

L'entrée d'air équivalente

On définit pour la zone une entrée d'air équivalente dont la caractéristique est la somme des caractéristiques de toutes les entrées d'air de tous les groupes:

$$q_{v,EA}^{zone}(\Delta P) = \sum_g q_{v,EA}^g(\Delta P) \quad (17)$$

Cette entrée d'air est ensuite répartie de manière conventionnelle dans chaque groupe comme indiqué dans le

Répartition des entrées d'air	Façade au vent	Façades sous le vent
En haut ($z = z_h$)	$q_{v,vb}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$	$q_{v,sb}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$
En bas ($z = z_b$)	$q_{v,vh}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$	$q_{v,sh}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$

Tableau 26.

Répartition des entrées d'air	Façade au vent	Façades sous le vent
En haut ($z = z_h$)	$q_{v,vb}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$	$q_{v,sb}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$
En bas ($z = z_b$)	$q_{v,vh}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$	$q_{v,sh}^g(\Delta P) = \frac{1}{4} Rat_{EA}^g q_{v,EA}^{zone}(\Delta P)$

Tableau 26 : Répartition des entrées d'air dans le groupe (NF EN 16798)

Avec :

$$Rat_{EA}^g = \frac{q_{v,EA}^g(\Delta P)}{\sum_g q_{v,EA}^g(\Delta P)} \quad (147)$$

Les caractéristiques des entrées d'air sont définies dans les groupes de façon générique au paragraphe 5.6.3.2.1.

Ainsi :

- pour une entrée fixe :

$$Rat_{EA}^g = \frac{M^{j,g}}{\sum_g M^{j,g}} \quad (148)$$

- pour une entrée auto réglable, on définira un deuxième ratio :

$$Rat_{EA}^g = \frac{M^{j',g}}{\sum_g M^{j',g}} \quad (149)$$

Les différences de pressions caractéristiques (ΔP_{ref} , ΔP_1 et ΔP_2) seront les mêmes pour tous les groupes d'une même zone.

Pour chaque groupe, la valeur du paramètre r de l'entrée d'air est conservée (cf. : Figure 21 et § 5.6.3.2.1.).

5.6.3.3 La perméabilité

5.6.3.3.1 Répartition du nombre de défauts d'étanchéité et de leur position

Données des défauts d'étanchéités au niveau du groupe

Les défauts d'étanchéités sont des données du groupe. Ils sont caractérisés par un coefficient, $Q_{4Pa\_surf}^g$ et qui caractérisent les perméabilités horizontale et verticale. De ces deux indices, on déduit les coefficients de perméabilité de la zone par

$$\begin{aligned} C_{def\_façade}^{zone} &= \sum_g \frac{A_f^g Q_{4Pa\_surf}^g}{(4)^{2/3}} \\ C_{def\_toit}^{zone} &= \sum_g \frac{A_t^g Q_{4Pa\_surf}^g}{(4)^{2/3}} \end{aligned} \quad (150)$$

Répartition des défauts d'étanchéités au niveau de la zone

Les défauts d'étanchéités sont répartis conventionnellement **au niveau de la zone** de la façon suivante :

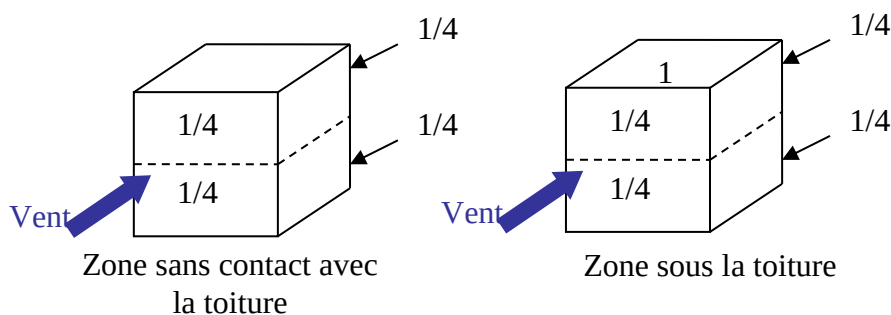


Figure 22 : Répartition conventionnelle de la perméabilité au sein d'une zone

Le Tableau 27 et le Tableau 28 présentent la répartition conventionnelle des défauts d'étanchéité.

Répartition des défauts d'étanchéité	Façade au vent	Façades sous le vent
En haut ($z = z_h$)	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$
En bas ($z = z_b$)	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$

Tableau 27 : Répartition des défauts d'étanchéité dans une zone sans contact avec la toiture

Répartition des défauts d'étanchéité	Façade au vent	Façades sous le vent	Toit
En haut ($z = z_h$)	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$	-
En bas ($z = z_b$)	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$	$\frac{1}{4} C_{def\_façade}^{zone}$	-
Toit ($z = h_{zone}$)	-	-	$C_{def\_toit}^{zone}$

Tableau 28 : Répartition des défauts d'étanchéité dans une zone avec contacts avec la toiture

Répartition des défauts d'étanchéité au niveau du groupe

La pression au-dessus du plancher n'étant définie qu'au niveau du groupe du fait de la dépendance de la pression sur la température (cf. Equation (131)), la perméabilité *conventionnelle* doit être répartie au niveau du groupe comme décrit dans le Tableau 29.

Répartition des défauts d'étanchéité	Façade au vent	Façades sous le vent	Toit
En haut ($z = z_h$)	$C_{def\_façade,vb}^g = \frac{1}{4} Rat_f^g C_{def\_façade}^{zone}$	$C_{def\_façade,vb}^g = \frac{1}{4} Rat_f^g C_{def\_façade}^{zone}$	-
En bas ($z = z_b$)	$C_{def\_façade,vh}^g = \frac{1}{4} Rat_f^g C_{def\_façade}^{zone}$	$C_{def\_façade,sh}^g = \frac{1}{4} Rat_f^g C_{def\_façade}^{zone}$	-
Toit ($z = h_{zone}$)	-	-	$C_{def\_toit}^g = Rat_t^g C_{def\_toit}^{zone}$

Tableau 29 : Répartition des défauts d'étanchéité dans un groupe

Hauteur des défauts d'étanchéité

La répartition et la hauteur des défauts d'étanchéité impactent sur les valeurs de pression intérieure et extérieure, utilisés pour le calcul du paragraphe suivant (§5.6.3.2.1).

z_b et z_h sont analogues à ceux définis pour les entrée d'air.

- **Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique significative ($\delta_{verticale}^{perméa} = 1$)**

Les différents composants décrivant les entrées d'air sont définis aux altitudes suivantes :

- Altitude basse : $z_b = z + h_{plancher} + 0.25 \times \min(h_{zone}, 15)$
- Altitude haute : $z_h = z + h_{plancher} + 0.75 \times \min(h_{zone}, 15)$
- Altitude du toit : $z_t = z + h_{plancher} + \min(h_{zone}, 15)$
- **Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique négligeable ($\delta_{verticale}^{perméa} = 0$)**
 - Altitude basse : $z_b = z + h_{plancher} + 0.25 \times \min(h_{zone}, 3)$
 - Altitude haute : $z_h = z + h_{plancher} + 0.75 \times \min(h_{zone}, 3)$
 - Altitude du toit : $z_t = z + h_{plancher} + \min(h_{zone}, 3)$

5.6.3.3.2 Débits d'air dus à la perméabilité à l'air

Les débits volumiques d'air dus à la perméabilité sont évalués à partir de la formulation suivante :

$$q_{v,def}(\Delta P) = \text{sgn}(\Delta P) C_{def}^g |\Delta P|^{2/3}, \quad (151)$$

où C_{def}^g est un des 5 (ou 4) coefficients du Tableau 29.

Chaque groupe possède à priori cinq perméabilités réglementaires (quatre s'il ne possède pas de toit). La différence de pression est évaluée aux hauteurs z_b , z_h et z_t . On identifie donc cinq (ou quatre) débits volumiques dus aux défauts d'étanchéité.

On fait la somme sur les défauts appartenant au groupe :

$$q_{v,etancheite}^g = \sum_{def \in g} q_{v,def} \quad (23)$$

5.6.3.3.3 Valeurs par défaut de la perméabilité à l'air de l'enveloppe

Une valeur mesurée, et justifiée par le résultat du test d'étanchéité à l'air peut être saisie directement dans le moteur de calcul.

Cependant,

- si cette mesure est issue d'une mesure par échantillonnage, la valeur de la perméabilité saisie $Q_{4Pa,surf}^g$ est multipliée par 1,2. Une valeur obtenue dans le cadre d'une démarche qualité conformément à l'annexe VII du présent arrêté peut être saisie directement dans le moteur de calcul.
- Dans le cas où des travaux pouvant affecter la perméabilité à l'air des logements restent à réaliser après la livraison, et en l'absence de réservation évitant toute création de fuite lors de ces travaux, les valeurs de perméabilité obtenues sont augmentées de 0,3 m³/(h.m²).

Ces deux augmentations sont cumulables dans cet ordre.

Enfin, il est possible, sans justification, d'utiliser les valeurs par défaut listées dans le tableau ci-dessous pour les typologies concernées.

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeurs par défaut (m³/(h.m²))
1	Maisons individuelles ou accolées	0,6
2	Logements collectifs	1
3	Bureaux	1,7
4	Enseignement primaire	1,7
5	Enseignement secondaire	1,7
6	Médiathèques et bibliothèques	1,7
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	1,7

8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	1,7
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	1,7
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	1,7
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	1,7
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	1,7
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	1,7
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	1,7
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	1,7
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	1,7
17	Commerces	3
18	Vestiaires seuls	1,7
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	1,7
20	Etablissements de santé (partie nuit)	1,7
21	Etablissements de santé (partie jour)	1,7
22	Aérogares	3
23	Industries ou artisanats 3x8h	3
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	3
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	1,7
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	1,7
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	1,7
28	Etablissements sportifs privés	1,7

Tableau 30 : Valeurs par défaut de la perméabilité à l'air de l'enveloppe

Note : La valeur par défaut n'est utilisée que pour les bâtiments qui ne sont pas soumis à l'exigence prévue par l'article 19 du présent arrêté.

5.6.3.4 Les débits spécifiques d'air massiques au niveau du groupe

Les débits volumiques spécifiques repris $q_{spec\_repris}^{g,s}$ et/ou soufflé $q_{spec\_soufflé}^{g,s}$ par le système s du groupe g sont transformés en débits massique $q_{m,spec\_repris}^{g,s}$ et/ou soufflé $q_{m,spec\_soufflé}^{g,s}$.

Au final, on fait la somme des débits spécifiques soufflé et repris **au niveau de la zone** :

$$q_{m,spec\_repris} = \sum_g \left(\sum_s q_{m,spec\_repris}^{g,s} \right) \quad (152)$$

$$q_{m,spec\_soufflé} = \sum_g \left(\sum_s q_{m,spec\_soufflé}^{g,s} \right) \quad (153)$$

5.6.3.4.1 Cas d'une Ventilation Mécanique simple Flux

Dans le cas d'une ventilation mécanique simple flux par extraction ou par insufflation, les débits massiques sont définis comme suit :

Isouf = 0

$$q_{m,spec\_repris}^{g,s} = \rho_{int} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_repris}^{g,s} \quad (154)$$

Isouf = 1

$$q_{m,spec\_souffle}^{g,s} = \rho_{air\_souff}^{g,s} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_souffle}^{g,s} \quad (155)$$

5.6.3.4.2 Cas d'une Ventilation Mécanique double Flux

Dans le cas d'une ventilation mécanique double flux (**VMC DF ou CTA à débits constants**), les débits massiques sont définis comme suit :

$$q_{m,spec\_repris}^{g,s} = \rho_{int} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_repris}^{g,s} \quad (156)$$

$$q_{m,spec\_souffle}^{g,s} = \rho_{air\_souff}^{g,s} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_souffle}^{g,s} \quad (157)$$

5.6.3.4.3 Débits spécifiques dans le cas d'une CTA à débit variable

Dans le cas d'une CTA à débits variables, **les débits massiques spécifiques d'un groupe** sont définis comme suit :

$$q_{m,spec\_soufflé}^g = 3600^{-1} \times \rho_{Air\_soufflé}^{g,s} \times q_{spec\_soufflé}^g \quad (158)$$

Et

$$q_{m,spec\_repris}^{g,s} = -q_{m,spec\_soufflé}^{g,s} \quad (159)$$

5.6.3.4.4 Calcul des débits caractérisant la transparence de l'enveloppe

Les débits massiques passant par une **entrée d'air** pour formulation :

$$q_m^g = \rho \cdot q_v^g \quad (160)$$

Avec :

$$\Delta P = P_{ext} - P_{int} \quad \rho = \rho_{int}$$

$$\text{si } \Delta P = P_{ext} - P_{int} \quad \rho = \rho_{AN}^g$$

Les débits massiques passant par les **défauts d'étanchéités** ont pour formulation :

$$q_m^g = \rho \cdot q_v^g \quad (161)$$

$$H_{v\_def}^z = \sum_{g \in Z} C_p \times q_m^g \quad (34)$$

Avec :

$$\Delta P = P_{ext} - P_{int} \quad , \quad \rho = \rho_{int}$$

$$\text{si } \Delta P = P_{ext} - P_{int} \quad \rho = \rho_{ext}$$

5.6.3.4.5 Cas d'une Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres

Dans le cas d'une ventilation naturelle par ouverture des fenêtres, les débits massiques sont définis comme suit :

$$q_{m,spec\_souffle}^{g,s} = \rho_{air\_souff}^{g,s} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_souffle}^{g,s} \quad (162)$$

Et

$$q_{m,spec\_repris}^{g,s} = -q_{m,spec\_soufflé}^{g,s} \quad (163)$$

Par ailleurs, pour garantir la cohérence avec le calcul de la température des groupes , on définit un nouvel objet :

$$q_{m,aération}^{g,s} = q_{m,spec\_souffle}^{g,s} \quad (164)$$

5.6.3.4.6 Cas d'une Ventilation naturelle par conduit ou de ventilation hybride

Dans le cas d'une ventilation naturelle par conduit ou de ventilation hybride, les débits massiques sont définis comme suit :

$$q_{m,spec\_repris}^{g,s} = \rho_{int} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_repris}^{g,s} \quad (165)$$

5.6.3.4.7 Ventilation Mécanique Basse Pression

Dans le cas d'une ventilation Mécanique Basse Pression, les débits massiques sont définis comme suit :

$$q_{m,spec\_repris}^{g,s} = \rho_{int} \times 3600^{-1} \times q_{spec\_repris}^{g,s} \quad (166)$$

5.6.3.5 Calculs du P_{ib}

On calcule P_{ib} en imposant que la somme des débits **massiques de la zone** soit nulle conformément à la loi de conservation de la masse d'air (dans la zone).

$$q_{m,def}(\Delta P) + q_{m,EA}(\Delta P) + q_{m,repris} + q_{m,soufflé} = 0$$

Autrement dit

$$\sum_{\text{groupe}} [q_{m,def\_façade,vb}^g(\Delta P_{vb,g}) + q_{m,def\_façade,sb}^g(\Delta P_{sb,g}) + q_{m,def\_façade,vh}^g(\Delta P_{vh,g}) + q_{m,def\_façade,sh}^g(\Delta P_{sh,g}) + q_{m,def\_toit}^g(\Delta P_{t,g}) + q_{m,EA,vb}^g(\Delta P_{vb,g}) + q_{m,EA,sb}^g(\Delta P_{sb,g}) + q_{m,EA,vh}^g(\Delta P_{vh,g}) + q_{m,EA,sh}^g(\Delta P_{sh,g})] + q_{m,spec\_soufflé} + q_{m,spec\_repris} = 0 \quad (167)$$

où chacun des ΔP est la différence de pression calculée pour le composant considéré.

Note : le terme $q_{m,def,t}^g(\Delta P_{t,g})$ n'est présent que si la zone est en contact avec un toit.

Chaque différence de pression dépend de P_{ib} . Par conséquent, cet équilibre aéraulique définit une équation dont P_{ib} est l'inconnue. Une fois cette équation résolue numériquement, l'algorithme renvoie la pression P_{ib} .

5.6.3.6 Calculs des débits échangés entre les groupes et le Hall

Pour un groupe donné, le débit massique d'air échangé avec les autres groupe est calculé par

$$q_m^g(\Delta P) = -\left(q_{m,def}^g(\Delta P) + q_{m,EA}^g(\Delta P) + q_{m,repris}^g + q_{m,soufflé}^g\right) \quad (168)$$

Avec :

$$\begin{aligned} q_{m,def}^g(\Delta P) &= q_{m,def\_façade,vb}^g(\Delta P_{vb,g}) + q_{m,def\_façade,sb}^g(\Delta P_{sb,g}) + q_{m,def\_façade,vh}^g(\Delta P_{vh,g}) \\ &\quad + q_{m,def\_façade,sh}^g(\Delta P_{sh,g}) + q_{m,def\_toit}^g(\Delta P_{t,g}) \\ q_{m,EA}^g(\Delta P) &= q_{m,EA,vb}^g(\Delta P_{vb,g}) + q_{m,EA,sb}^g(\Delta P_{sb,g}) + q_{m,EA,vh}^g(\Delta P_{vh,g}) + q_{m,EA,sh}^g(\Delta P_{sh,g}) \end{aligned} \quad (169)$$

Dans le modèle de ventilation de TH-BCE, une différence est faite entre le hall par lequel transite l'ensemble de l'air intérieur et les autres groupes. Pour ces groupes, on définit un débit d'air échangé avec le hall :

$$q_m^g(\Delta P) = q_{m,hall}^g(\Delta P) \quad (170)$$

Si le débit $q_{m,Hall}^g$ est négatif, le groupe est un groupe dit *extracteur*. Sinon, c'est un groupe *d'entrée*

Le débit d'air neuf est le débit rentrant par l'enveloppe à température extérieure avec l'humidité extérieure. On le calcule en sommant sur tous les débits dus aux entrées d'air et tous les débits d'air dus aux défauts d'étanchéité du groupe :

$q_{m,neuf}^g = \sum_{EA} \max(q_{m,EA}^g, 0) + \sum_{def} \max(q_{m,def}^g, 0)$	(171)

Le débit d'air traversant est le débit sortant par l'enveloppe à la température intérieure du groupe et avec l'humidité du groupe:

$$q_{m, traversant}^g = \sum_{EA} \min (q_{m, EA}^g, 0) + \sum_{def} \min (q_{m, def}^g, 0) \quad (172)$$

Les débits en sortant $q_{spec\_repris}^g$ et $q_{spec\_soufflé}^g$ sont les mêmes que ceux en entrée. Le débit spécifique soufflé est à la température spécifique du système de ventilation et le débit spécifique repris est à la température intérieure du groupe.

Une valeur positive de cette dernière correspond à un transfert d'air du groupe vers le Hall. Une valeur négative exprime un transfert d'air du Hall vers le groupe.

5.6.3.7 Bilan thermique du Hall

Pour chaque zone, l'utilisateur a la possibilité de rentrer un ou plusieurs groupes. Le modèle aéraulique implique l'existence d'un groupe d'échange aéraulique **Hall** par lequel transitent tous les échanges aérauliques entre les groupes. L'utilisateur a la possibilité de rentrer **au maximum** un groupe de circulation qui joue alors le rôle du groupe **Hall**. S'il n'en rentre pas, un groupe **Hall** fictif est généré par le logiciel pour le besoin du calcul. Ce groupe fictif est alors étanche à l'environnement extérieur et ne possède aucun système ni aucun apport interne. Il ne reçoit pas non plus d'apports énergétiques de quelque nature que ce soit et ne possède aucune inertie. Les seules grandeurs qui doivent être calculées au niveau de ce groupe fictif sont la température de l'air et l'humidité de l'air. Elles le sont de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \theta_{i, fin}^{hall}(h) &= \frac{\sum_j \theta_{aj}(h) \cdot Q_{maj}(h)}{\sum_j Q_{maj}} \\ \omega_{i, fin}^{hall}(h) &= \frac{\sum_j \omega_{aj}(h) \cdot Q_{maj}(h)}{\sum_j Q_{maj}} \end{aligned} \quad (1)$$

où Q_{maj} , $\theta_{aj}(h)$ et $\omega_{aj}(h)$ représenté les débits, températures et humidité spécifique de l'air en provenance des autres groupes de la zone.

5.6.3.8 CALCUL DES SORTIES

Dans le cas d'un groupe g qui n'est pas un hall :

- Q_{maj}^g : il y en a autant que de débits d'air entrant. On compte donc un débit pour l'air neuf entrant par la transparence de l'enveloppe. Sa température est $T_{maj}^g = T_{ext}$ et son humidité est $\omega_{maj}^g = \omega_{ext}$.
- On compte un débit supplémentaire pour chaque débit spécifique soufflé s dans le groupe g . Leurs températures sont les températures $T_{air\_souffle}^{g,s}$ et leurs humidités sont $\omega_{air\_souffle}^{g,s}$.
- Enfin, si $q_{m,hall}^g > 0$, on le rajoute aux débits entrants avec une température qui est la température du hall et une humidité qui est l'humidité du hall $\omega_{i,gfin}$ où g dénote ici le hall.

Dans le cas d'un groupe g qui est un hall :

- Q_{maj}^g : il y en a autant que de débits d'air entrant. On compte donc un débit pour l'air neuf par la transparence de l'enveloppe. Sa température est $T_{maj}^g = T_{ext}$ et son humidité est $\omega_{maj}^g = \omega_{ext}$.
- On compte un débit supplémentaire pour chaque débit spécifique soufflé s dans le groupe g . Leurs températures sont les températures $T_{air\_souffle}^{g,s}$ et leurs humidités sont $\omega_{air\_souffle}^{g,s}$.
- Enfin, on rajoute aux débits entrants chacun des $-q_{m,hall}^g$ si $q_{m,hall}^g < 0$. La température de ce débit est alors $T_{i,g}$ et son humidité est $\omega_{i,gfin}$.

5.6.3.9 Explicitation des termes Q_{maj}^g et ω_{maj}^g

Ce paragraphe vise simplement à expliciter les termes Q_{maj}^g et ω_{maj}^g .

$$\begin{aligned} &\text{Quel que soit le groupe } g : \\ \sum Q_{maj}^g &= Q_{air\_neuf}^g + \sum q_{m,spécifique\_soufflé}^g + \sum q_{m,j}^{j \neq g} \text{ (si } q_{m,j}^{j \neq g} > 0) \\ &\text{Soit pour un groupe autre que le Hall :} \\ \sum Q_{maj}^g &= q_{air\_neuf}^g + \sum q_{m,spécifique\_soufflé}^g + q_{m,Hall}^g \text{ (si } q_{m,Hall}^g > 0) \end{aligned} \quad (173)$$

$$\begin{aligned} &\text{Pour le Hall :} \\ \sum Q_{maj}^g &= Q_{air\_neuf}^g + \sum q_{m,Hall}^g \text{ (si vu du Hall, } q_{m,Hall}^g > 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Quel que soit le groupe :} \\ \sum_j \omega_{maj} \times Q_{maj}^g &= \omega_{ext} \times q_{air\_neuf}^g + \sum \omega_{spec} \times q_{m,spécifique\_soufflé}^g + \sum \omega_{i,jprev} \times q_{m,j}^{j \neq g} \end{aligned}$$

Soit pour un groupe autre que le Hall :

$$\begin{aligned} \sum_j \omega_{maj} \times Q_{maj}^g &= \omega_{ext} \times q_{air\_neuf}^g + \sum \omega_{spec} \times q_{m,spécifique\_soufflé}^g + \omega_{i,Hallprev} \times q_{m,Hall}^g \text{ (si } q_{m,Hall}^g > 0) \end{aligned} \quad (174)$$

Pour le Hall :

$$\begin{aligned}
\sum_j \omega_{maj} \times Q_{maj}^g &= \omega_{ext} \times q_{air\_neuf}^g + \sum \omega_{spec} \times q_{m,spécifique\_soufflé}^{Hall} + \sum_g \omega_{i,j_{prev}} \\
&\times q_{m,Hall}^g \text{ (si vu du Hall, } q_{m,Hall}^g > 0 \text{)}
\end{aligned}$$

5.6.3.10 **Calcul des débits entrants et sortants du groupe**

Les débits sont exprimés en m³/h.

5.6.3.10.1 **Débits par les défauts d'étanchéité**

A chaque pas de temps,

$$\begin{aligned}
Q_{v,def,entr}^g &= \sum_{def \in g} \max(q_{v,def}(\Delta P), 0) \\
Q_{v,def,sort}^g &= \sum_{def \in g} \min(q_{v,def}(\Delta P), 0)
\end{aligned}$$

Où Q=débit total, sommé sur tous les composants du groupe...

5.6.3.10.2 **Débits par les entrées d'air**

A chaque pas de temps,

$$\begin{aligned}
Q_{v,EA,entr}^g &= \sum_i \max(q_{v,EA}^{g,i}(\Delta P), 0) \\
Q_{v,EA,sort}^g &= \sum_i \min(q_{v,EA}^{g,i}(\Delta P), 0)
\end{aligned}$$

Où Q=débit total, sommé sur tous les composants du groupe...

5.7 S2_BAT_assemblage_groupe

5.7.1 INTRODUCTION

Le groupe est une partie d'un bâtiment homogène au plan de l'usage et du fonctionnement, ainsi c'est le lieu de calcul des besoins de chauffage, des besoins de refroidissement et des consommations de l'éclairage artificiel. En sortie du groupe les besoins de chauffage et les besoins de refroidissement sont dirigés vers le réseau de distribution intergroupes.

Ce niveau regroupe la quasi totalité des informations nécessaires à la prise en compte du bâti et des équipements intérieurs tels que l'éclairage et les dispositifs terminaux de ventilation.

Le groupe fait appel aux composants suivants :

- les saisons,
- les parois opaques,
- les ponts thermiques,
- les parois vitrées,
- l'éclairage,
- la ventilation,
- le comportement thermique du groupe,
- l'émission, le bilan hydrique du groupe,
- le calcul des indicateurs de confort destinés à la détermination des saisons au niveau du bâtiment, pour les équipements et les systèmes.

Finalement, à l'intérieur de groupes un traitement des résultats est effectué pour obtenir des données agrégées ou des cumuls.

La zone est une partie de bâtiment rassemblant un ou plusieurs groupes ayant le même usage. Au plan du fonctionnement et compte tenu de la définition de la zone, les différents groupes d'une même zone sont en connexion aéraulique. La structuration des groupes par rapport à ces échanges est la suivante

- une zone peut comporter un ou plusieurs groupes **standards**,
- une zone peut comporter 0 ou 1 groupe dit de "**circulation**"

Par convention, si on définit un groupe de circulation, les autres groupes sont connectés aérauliquement avec lui et seulement avec lui.

Le groupe est en relation avec des composants extérieurs :

- les données météorologiques,
- les scénarios, qui fournissent pour la zone les températures de consigne, les apports internes et les indicateurs de fonctionnement (ventilation, éclairage),
- la perméabilité, prise en compte au niveau de la zone, elle calcule les échanges aérauliques entre les groupes d'une même zone,
- les espaces tampons.

5.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 31 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux groupes.

Entrées du système		
Nom	Description	Unité
M é t é o	<i>Données météorologiques</i>	
	I_{Dn} Rayonnement solaire direct normal	W/m ²
	I_{di} Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m ²
	ψ Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	rd
	γ Hauteur du soleil	rd
	E_{Dn} Eclairement naturel direct normal	Lux
	E_{di} Eclairement naturel diffus horizontal	Lux
	$T_{e_{ciel}}$ Température du ciel	°C
	T_e Température extérieure d'air sec	°C
	w_e Poids d'eau	kg/kg
	T_{eau} Température de l'eau froide	°C
	V_{ent} La vitesse du vent à 10 m de hauteur	m/s
	Dir_{vent} Direction du vent	deg
	I_{HJ} Heure du jour en temps solaire moyen	-
s a i s o n	<i>Choix des saisons</i>	
	La saison effective à appliquer au groupe au jour j, sous forme d'entier :	
	$Saison_{eff}^{gr}(j)$ 1: saison de refroidissement ;	Ent.
	2: mi-saison ;	
	3: saison de chauffe avec interdiction de refroidir ;	
s c é n a r i o s	4 : saison de chauffe avec autorisation de refroidir.	
	<i>Données issues des scénarios</i>	
	i_{occ_zone} Indice d'occupation de la zone	
	0 = zone inoccupée	-
	1 = zone occupée	
	Indice d'occupation de la zone dans laquelle se situe le groupe	
	I_{Ecl} 0 = zone inoccupée, éclairage autorisé	-
	1 = zone occupée, éclairage non autorisé	
	<i>Cet indice correspond aux plages d'occupation données par les scénarios conventionnels.</i>	
	I_{vent} Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool
	θ_{iifr} Données issues du groupe au pas précédent	°C
	Température de consigne initiale de refroidissement	
	θ_{iich} Température de consigne initiale de chauffage	°C
	$\phi_{int,conv}^g$ Apports internes convectif hors-occupants et éclairage d'un groupe g	W
	$\phi_{int,rad}^g$ Apports internes radiatifs hors-occupants et éclairage d'un groupe g	W
	$\phi_{int\_occ,conv}^g$ Apports internes convectif dus aux occupants d'un groupe g	W
	ω_{int}^g Apport d'humidité hors-occupants au groupe g	kg/h
	$\omega_{int\_occ}^g$ Apport d'humidité dus aux occupants au groupe g	kg/h

	$\phi_{int\_occ,rad}^g$	Apports internes radiatifs dus aux occupants d'un groupe g	W	$-\infty$	$+\infty$	-
	W_{int}					
		Données calculées au pas précédent				
	$\theta_{op,fin}(h-1)$	Température ressentie par l'occupant à la fin du pas de temps	°C			
	$\theta_{op,fin}(h-2)$	Température ressentie par l'occupant au pas de temps h-2.	°C			
G r o u p e (t-1)	$\theta_i(h-1)$	Température intérieure de l'air du groupe considéré, au pas de temps h-1.	°C			
	γ'	Hauteur du soleil corrigée	°			
	$Nbh\_Einat\_sup(t-1)$	Nombre d'heures pendant lesquelles Einat est supérieur à $Seuil\_auto\_lumi$ en occupation au pas précédent	h			
	$\theta_m^{(t-\Delta t)}$	Température de masse finale au pas de temps précédent	°C			
	$\{\theta_{ei}(h)\}_{j-1}$	Valeurs des températures extérieures sur l'ensemble du jour précédent.	°C			
		Espaces tampons				
b a i e s	$\{nb\_esp\_tp^b\}$	Nombres d'espaces tampons différents reliés aux baies d'indice b reliées à l'espace tampon i.	-			
	$\{Aouv\_max\_tp^b(h)\}_b$	Surfaces maximales d'ouverture des parois de l'espace tampon attribuées aux différentes baies reliées à l'espace tampon i (au prorata de leurs surfaces d'ouverture respectives).	m ²			
T o u t c o m p o s a n t	$b_{therm,i}(h)$	Coefficient de réduction des déperditions thermiques dû à la présence de l'espace tampon i.	-			
	$b_{solaire,i}(h)$	Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon i.	-			
	$b_{ecl,i}(h)$	Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon i (concerne uniquement les baies vitrées).	-			
		Ventilation perméabilité				
v e n t i l a t i o n	Q_{maj}^g	Débit massique $\dot{V}$ entrant dans le groupe g	kg/s			
	T_{maj}^g	Température du débit massique $\dot{V}$ entrant dans le groupe g	°C			
	ω_{maj}^g	Poids d'eau du débit massique $\dot{V}$ entrant dans le groupe g	kg/kg as			
	$Q_{v,def,entr}^g$	Au pas temps horaires, débit entrant dans le groupe via les défauts d'étanchéités	m ³ /h			
	$Q_{v,EA,entr}^g$	Au pas temps horaires, débit entrant dans le groupe via les entrées d'air	m ³ /h			
	$Q_{v,def,sort}^g$	Au pas temps horaires, débit sortant dans le groupe via les défauts d'étanchéités	m ³ /h			
	$Q_{v,EA,sort}^g$	Au pas temps horaires, débit sortant dans le groupe via les entrées d'air	m ³ /h			
	$\rho_{i,g}$	Masse volumique de l'air du pas de temps h, calculée à partir de la température $\theta_{i,g,prev}$ et de l'humidité spécifique $w_{i,g,prev}$ du pas de temps h-1	kg/m ³			

Paramètres d'intégration du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Con v.
	Parois opaques : voir fiche Assemblage des parois opaques				
	Ponts thermiques : voir fiche Assemblage des ponts thermiques				
	Baies vitrées : voir fiche Assemblage des baies vitrées				
	Eclairage : voir fiche Eclairage				
	Ventilation spécifique : voir fiche ventilation spécifique				
	Bilan hydrique : voir fiche bilan hydrique				
	Comportement thermique : voir fiche comportement thermique du groupe				
	Emission : voir fiche émission				
	Indicateurs de confort : voir fiche indicateurs de confort				
	Calculs du groupe : voir fiche calcul du groupe				

Sorties

Nom	Description	Unité
Bch_m^{gr}	Besoins mensuels en chaud du groupe	kWh/m ² SREF ^{gr}
Bch^{gr}	Besoins annuels en chaud du groupe	kWh/m 2SREF ^{gr}
Bfr_m^{gr}	Besoins mensuels en froid du groupe	kWh/m 2SREF ^{gr}
Bfr^{gr}	Besoins annuels en froid du groupe	kWh/m 2SREF ^{gr}
$Becl_m^{gr}$	Besoins mensuels d'éclairage du groupe	kWh/m 2SREF ^{gr}
$Becl^{gr}$	Besoins annuels d'éclairage du groupe	kWh/m 2SREF ^{gr}
$Bbio_m^{gr}$	Besoin bioclimatique mensuel du groupe	points
$Bbio^{gr}$	Besoin bioclimatique annuel du groupe	points
$Becs_m^{gr}$	Besoins mensuels bruts d'ECS du groupe	Wh/m ² SREF ^{gr}
$Becs^{gr}$	Besoins annuels bruts d'ECS du groupe	Wh/m ² SREF ^{gr}
A_T^{gr}	Somme des parois déperditives du groupe	m ²
$A_{T,perm}^{gr}$	Somme des parois déperditives excepté le plancher bas du groupe (utile pour les calculs de perméabilité)	m ²
$A_{f,perm}^{gr}$	Somme des parois déperditives verticales du groupe (utile pour les calculs de perméabilité)	m ²
$A_{toit,perm}^{gr}$	Somme des parois déperditives horizontales excepté le plancher bas du groupe (utile pour les calculs de perméabilité)	m ²
A_{opv}^{gr}	Surfaces des parois déperditives opaques verticales du groupe	m ²
A_{oph}^{gr}	Surfaces des parois déperditives opaques horizontales du groupe	m ²
$A_{baies-v}^{gr}$	Surface totale des baies verticales du groupe	m ²
$A_{baies-h}^{gr}$	Surface totale des baies horizontales du groupe	m ²

Vers fiches « calculs zone » et « sorties_fiche_XML »

détermination	$Q_{v,def,entr}^g$	Moyenne (en occupation) du débit volumique entrant par tous les défauts d'étanchéité du groupe	m ³ /h
	$Q_{v,def,sort}^g$	Moyenne (en occupation) du débit volumique sortant par tous les défauts d'étanchéité du groupe	m ³ /h
	$Q_{v,EA,entr}^g$	Moyenne (en occupation) du débit volumique entrant par toutes les entrées d'air du groupe	m ³ /h
	$Q_{v,EA,sort}^g$	Moyenne (en occupation) du débit volumique sortant par toutes les entrées d'air du groupe	m ³ /h
	$Q_{v,spec,entr}^g$	Moyenne (en occupation) de la somme des débits volumiques spécifiques entrants dans le groupe	m ³ /h
	$Q_{v,spec,sort}^g$	Moyenne (en occupation) de la somme des débits volumiques spécifiques sortants du groupe	m ³ /h
détermination	$\{Q_{req,gen,c}h(h)\}_{j-28;j-1}$	Ensemble des sommes des différentes valeurs des demande en énergie de chauffage au niveau des générations du projet, jour j-28 au jour j-1 inclus (672 pas de temps).	Wh
	$\{Q_{req,gen,fr}(h)\}_{j-28;j-1}$	Ensemble des sommes des différentes valeurs des demande en énergie de refroidissement au niveau des générations du projet, du jour j-28 au jour j-1 inclus (672 pas de temps).	Wh
calculs annuels	$C_{ef\_fr}^{gr}$	Energie finale totale consommée pour le refroidissement dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef\_ecs}^{gr}$	Energie finale totale consommée pour l'ECS dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef\_ecl}^{gr}$	Energie finale totale consommée par l'éclairage artificiel des locaux dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef\_auxv}^{gr}$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et ventilateurs des émetteurs) pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef\_auxs}^{gr}$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de distribution pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
calculs mensuels	$C_{ef\_ch\_m}^{gr}(m)$	Energie finale totale consommée pour le chauffage dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ef\_fr\_m}^{gr}(m)$	Energie finale totale consommée pour le refroidissement dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ef\_ecs\_m}^{gr}(m)$	Energie finale totale consommée pour l'ECS dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ef\_ecl\_m}^{gr}(m)$	Energie finale totale consommée par l'éclairage artificiel des locaux dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ef\_auxv}^{gr}(m)$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et ventilateurs des émetteurs) pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ef\_auxs}^{gr}(m)$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de distribution pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
			s

CEP annuels	$C_{ep\_ch}^{gr}$	Energie primaire totale consommée pour le chauffage dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ep\_fr}^{gr}$	Energie primaire totale consommée pour le refroidissement dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ep\_ecs}^{gr}$	Energie primaire totale consommée pour l'ECS dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ep\_ecl}^{gr}$	Energie primaire totale consommée par l'éclairage artificiel des locaux dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ep\_auxv}^{gr}$	Energie primaire totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et ventilateurs des émetteurs) pour l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ep\_auxs}^{gr}$	Energie primaire totale consommée par les auxiliaires de distribution pour l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
CEP mensuels	$C_{ep\_ch\_m}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée pour le chauffage dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ²SRE F.mois
	$C_{ep\_fr\_m}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée pour le refroidissement dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ²SRE F.mois
	$C_{ep\_ecs\_m}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée pour l'ECS dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ²SRE F.mois
	$C_{ep\_ecl\_m}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée par l'éclairage artificiel des locaux dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ²SRE F.mois
	$C_{ep\_auxv}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et ventilateurs des émetteurs) pour le mois m .	Wh/m ²SRE F.mois
	$C_{ef\_auxs}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée par les auxiliaires de distribution pour le mois m .	Wh/m ²SRE F.mois
	$C_{ef\_gaz}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du gaz pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ef\_fod}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du fioul domestique pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ef\_cha}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du charbon pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ef\_boi}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du bois pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
Cef par énergie	$C_{ef\_ele}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation de l'électricité pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ef\_rdc}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation des réseaux de chaleur pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an
	$C_{ep\_gaz}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation du gaz pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ²SRE F.an

$C_{ep\_fod}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation du fioul domestique pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
$C_{ep\_cha}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation du charbon pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
$C_{ep\_boi}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation du bois pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
$C_{ep\_ele}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation de l'électricité pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
$C_{ep\_rdc}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation des réseaux de chaleur pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
C_{ef}^{gr}	Energie finale totale consommée par le groupe pour l'année entière, ramenée au m² de SREF.	Wh/m ² SRE F.an
C_{ep}^{gr}	Energie finale totale consommée par le groupe pour l'année entière, ramenée au m² de SREF.	Wh/m ² SRE F.an

Variables internes		
Nom	Description	Unité

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 31 : Nomenclature du modèle

5.7.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Les schémas des figures ci-dessous présentent l'organisation des composants pour l'ensemble d'un groupe :

- la Figure 23 dans le cas du calcul Bbio,
- la Figure 24 dans le cas du calcul Cep.

Le calcul de Cep reprend les mêmes composants que le calcul de Bbio avec cependant :

- le calcul de l'émission qui correspond alors au projet,
- la prise en compte de la relance du système de chauffage refroidissement en fin de période d'inoccupation,
- la présence d'un réseau de distribution de groupe de chaleur et de distribution de froid,
- le calcul des besoins d'ECS et la présence d'un réseau de distribution de groupe d'ECS.

La prise en compte des systèmes de ventilation est à l'extérieur du groupe.

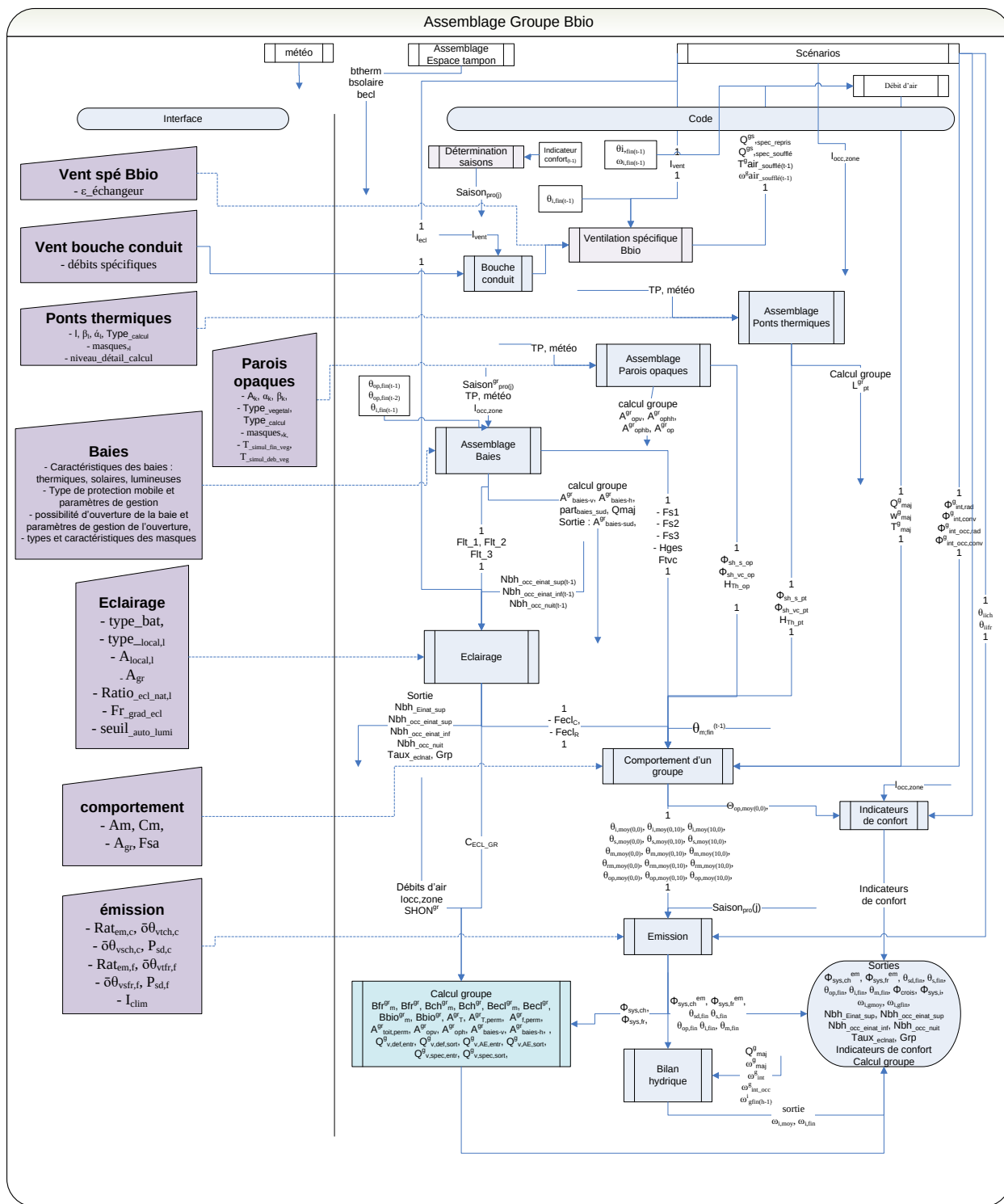


Figure 23 : Assemblage des composants d'un groupe pour le calcul de Bbio

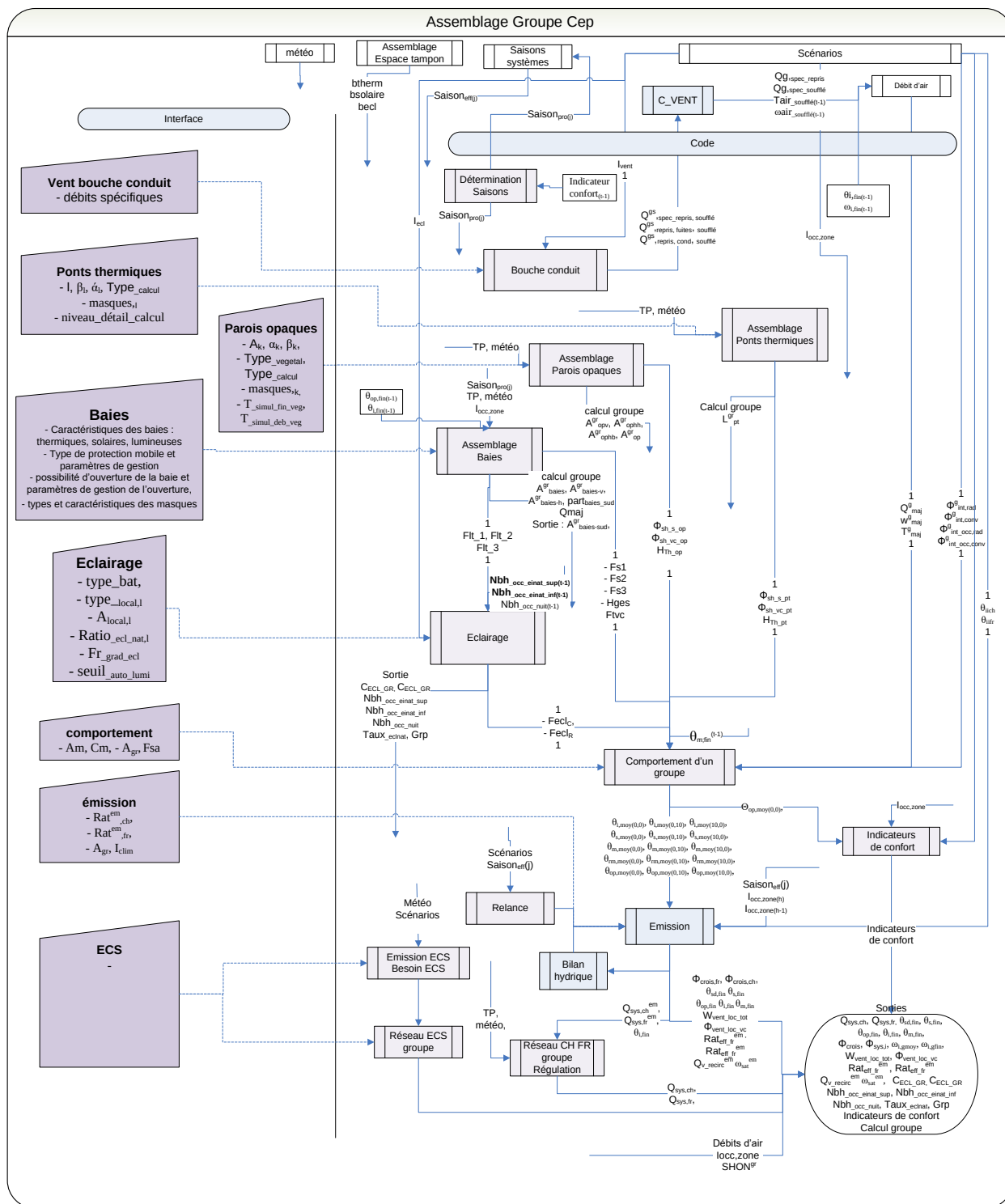


Figure 24 : Assemblage des composants d'un groupe pour le calcul de Cep

L'assemblage est organisé en trois parties verticales :

- à gauche du trait vertical dans la partie interface, on trouve les paramètres d'intégration des différents composants ou des assemblages intervenant dans le groupe, leurs paramètres intrinsèques étant définis dans leurs fiches algorithmes,
- à droite dans la partie code, on trouve l'organisation proprement dite des différents composants. Chaque composant est relié aux autres par des flèches symbolisant les échanges de données. Ces données, qui correspondent soit aux données de sortie soit aux données d'entrée des composants, sont précisées sur les flèches.
- dans la partie supérieure droite, on distingue les composants hors du groupe mais en relation avec lui :

le climat qui fournit les données météorologiques,

les espaces tampons : vérandas, serres, locaux non chauffés en contact avec les locaux chauffés objet du calcul réglementaire,

les scénarios, définis au niveau des zones,

le calcul de la perméabilité à l'air et des échanges aérauliques entre groupes conduit au niveau de la zone,

pour CEP, la ventilation et les saisons pour les systèmes.

Le détail de chaque composant ou de chaque assemblage est au niveau de chaque fiche algorithme.

- L'enchaînement des calculs dans le groupe est le suivant :

'bouche conduit' :

Ce composant détermine le débit soufflé et le débit repris, le débit de fuite du réseau pour une bouche compte tenu des scénarios et de la nature du système.

Ces données sont utilisées par les systèmes de ventilation et le composant 'débit d'air'. Ce dernier envoie les débits, les températures et les humidités pour l'ensemble des bouches du groupe, nécessaires à la suite des calculs dans le groupe.

'ventilation spécifique Bbio' :

Ce composant représente le système de ventilation conventionnel pour le calcul du coefficient Bbio. Il est dans le groupe.

'assemblage 'Parois opaques' :

Il est constitué de 'environnement proche' et de 'paroi opaque'. En relation avec la météo et les espaces tampons il calcule d'une part les flux de chaleur dû au rayonnement solaire et dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe et d'autre part le coefficient de transmission thermique global de l'ensemble des parois opaques.

'assemblage 'Ponts thermiques' :

Même principe.

'assemblage baies' :

Il fait intervenir 'environnement proche', 'gestion régulation de l'ouverture des baies', 'gestion et régulation des protections solaires', 'baies vitrées', 'calcul du débit par ouverture des baies' et 'ensemble baies'. En relation avec la météo et les espaces tampons il calcule d'une part les flux de chaleur dû au rayonnement solaire (trois composantes) et dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe et d'autre part le coefficient de transmission thermique global de l'ensemble des parois opaques. Sont calculés également les flux lumineux transmis au groupe pour le composant éclairage.

'éclairage' :

En relation avec la météo, les espaces tampons et les l'assemblage baies il calcule la consommation d'éclairage ainsi que les rejets thermiques, pris en compte dans le comportement du groupe. Les flux lumineux, calculés par 'assemblage baies', entrant dans le groupe permettent de calculer le niveau d'éclairement naturel dans le groupe et ainsi de représenter la gestion des systèmes d'éclairage.

'comportement thermique du groupe' :

Est lié aux composants de l'enveloppe à l'éclairage et à la ventilation et calcule le comportement du groupe sous forme d'une matrice de température destinée à 'émission'.

'indicateurs de confort' :

On détermine l'état du confort thermique des occupants afin de calculer les débuts des saisons de chauffage et de refroidissement.

'détermination des saisons' :

Sur la base des indicateurs de confort et des besoins du groupe, sont calculées les saisons de chauffage et de refroidissement pour le groupe.

'détermination des saisons des systèmes' :

Sont calculées les saisons de chauffage et de refroidissement à l'échelle des systèmes de production d'énergie (génération). Le calcul est réalisé au niveau du projet.

'émission' :

Se fondant sur le comportement du groupe et les températures de consigne, détermine les besoins de chauffage et de refroidissement compte tenu de la saison.

'bilan hydrique' :

Le bilan hydrique du groupe est réalisé, pour le calcul de Cep il est fait en relation avec l'émission.

'relance' :

Commande la relance des installations de chauffage et de refroidissement du groupe en anticipation d'une période d'occupation.

'calculs groupe' :

'calcul groupe' effectue un post traitement des sorties du groupes : cumuls mensuels, annuels, calcul du Bbio.

5.8 S1_BAT_assemblage_baies

5.8.1 INTRODUCTION

Six fiches algorithmes liées aux baies sont assemblées :

- la fiche baies (calcul des flux solaires et lumineux transmis au groupe, rayonnement vers la voûte céleste, calcul du coefficient de transmission thermique global)
- gestion des protections mobiles (calcul du ratio de baies avec la première protection mobile et éventuellement le ratio de baies avec une seconde protection mobile)
- gestion-régulation de l'ouverture des baies (calcul du ratio d'ouverture des baies)
- environnement proche (calcul des flux solaires et lumineux incidents en tenant compte des masques proches et lointains, et calcul de la densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi)
- calcul des débits par ouverture des baies
- ensemble baies (somme sur toutes les baies du groupe des flux solaires et lumineux transmis au groupe, de H_{ges} , etc.)

5.8.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 32 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux baies.

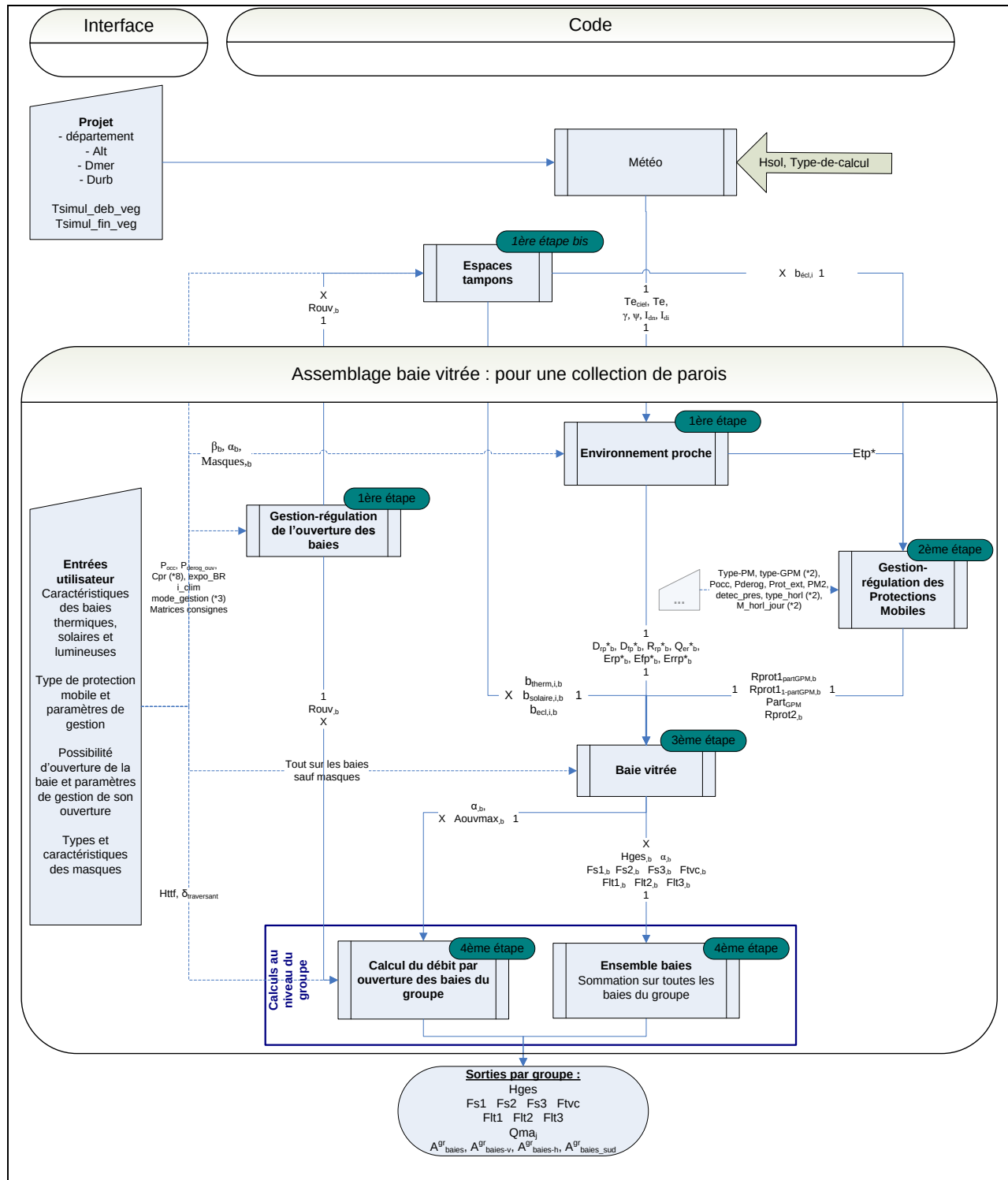
Entrées du système				
	Nom	Description	Unité	
saison	$Saison_{eff}^{gr}(j)$	La saison effective à appliquer au groupe au jour j , sous forme d'entier :	Ent.	
		1: saison de refroidissement ;		
		2: mi-saison ;		
		3: saison de chauffe avec interdiction de refroidir ;		
Groupe	$\theta_{op,fin}(h-1)$	4 : saison de chauffe avec autorisation de refroidir.	°C	
		Température ressentie par l'occupant à la fin du pas de temps		
		Température ressentie par l'occupant au pas de temps $h-2$.		°C
		Température intérieure de l'air du groupe considéré, au pas de temps $h-1$.		°C
Climat ext. (pour la fiche Env. proche)	$\theta_i(h-1)$			
	γ'	Hauteur du soleil corrigée	°	
	I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m²	
	I_{di}	Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m²	
	ψ	Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	rd	
	γ	Hauteur du soleil	rd	
	E_{Dn}	Eclairement naturel direct normal	Lux	
	E_{di}	Eclairement naturel diffus horizontal	Lux	
	Te_{ciel}	Température du ciel		
	Te	Température extérieure d'air sec	°C	
	we	Poids d'eau	g/kgas	
	Dir_{vent}	Direction du vent	°	
	V_{vent_c}	La vitesse du vent corrigée	m/s	
	Scénarios conv.	$Jour\_année$	jour de l'année (1 à 365)	-
$Hleg$		heure légale de la journée (1 à 24)	-	
i_{occ_zone}		Indice d'occupation de la zone		
		0 = zone inoccupée	-	
Espace tampon	$b_{therm,i,b}$	1 = zone occupée		
		Coefficient de réduction des déperditions thermique dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-	
	$b_{ecl,i,b}$	Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-	
	$b_{solaire,i,b}$	Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-	
	Id_{ET}	Indicateur de présence d'un espace tampon sur la baie vitrée b (0-pas d'espace tampon / 1-présence d'un espace tampon)	-	

Paramètres intrinsèques du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	Voir fiche C_EEX_environnement_proche				
	Voir fiche C_BAT_Gestion_protections_mobiles				
	Voir fiche C_BAT_Baie vitrée				
	Voir fiche C_BAT_Surventilation naturelle par ouverture des baies pour le confort thermique				
	Voir fiche C_BAT_ensemble_baies				
Sorties					
Nom	Description	Unité			
Hg_{es}	Facteur de transmission thermique global pour l'ensemble des baies du groupe entre les environnements intérieurs et extérieurs	W/K			
FS_1	Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies du groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde	W			
FS_2	Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies du groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif	W			
FS_3	Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies du groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure)	W			
F_{tvc}	Flux transmis dû au rayonnement froid vers la voute céleste pour l'ensemble des baies du groupe	W			
$Flt_{1(0)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme directe par l'ensemble des baies de type 0, c'est à dire les baies verticales ou horizontales contribuant à l'éclairage naturel d'un grand volume non éclairé de façon uniforme.	lumen			
$Flt_{1(1)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme directe par l'ensemble des baies de type 1, c'est à dire les baies horizontales uniformément réparties pour un local de grand volume	lumen			
$Flt_{1(2)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme directe par l'ensemble des baies de type 2, c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes.	lumen			
$Flt_{2(0)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme hémisphérique par l'ensemble des baies de type 0, c'est à dire les baies verticales ou horizontales contribuant à l'éclairage naturel d'un grand volume non éclairé de façon uniforme.				
$Flt_{2(1)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme hémisphérique par l'ensemble des baies de type 1, c'est à dire les baies horizontales uniformément réparties pour un local de grand volume				
$Flt_{2(2)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme hémisphérique par l'ensemble des baies de type 2, c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes.				

$Flt_{3(0)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme semi-hémisphérique orienté vers le plafond par l'ensemble des baies de type 0, c'est à dire les baies verticales ou horizontales contribuant à l'éclairement naturel d'un grand volume non éclairé de façon uniforme.		
$Flt_{3(1)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme semi-hémisphérique orienté vers le plafond par l'ensemble des baies de type 1, c'est à dire les baies horizontales uniformément réparties pour un local de grand volume		
$Flt_{3(2)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme semi-hémisphérique orienté vers le plafond par l'ensemble des baies de type 2, c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes.		
$Part_{baies\_sud}$	Pourcentage de baies du groupe orientées au sud (azimuth $\alpha = 0^\circ$)	-	
A_{baies}^{gr}	Surface totale des baies du groupe	m ²	
$A_{baies-v}^{gr}$	Surface totale des baies verticales du groupe	m ²	
$A_{baies-h}^{gr}$	Surface totale des baies horizontales du groupe	m ²	
$Qma_j(h)$	Débit massique d'air entrant dans le groupe par les baies, à la température θ_{ei} (h).	kg/s	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 32 : Nomenclature du modèle

5.8.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS



Note : en dehors des six fiches constituant l'assemblage baies (détaillées ci-dessous), seules les fiches algorithme sur la météo et les espaces tampons sont représentées, car elles sont étroitement liées à toutes les fiches de l'assemblage.

En sortie de la fiche baie les flux lumineux sont affectés d'un indice en fonction du type de baie. En l'occurrence il s'agit de $Flt1,b(n)$ avec n qui prend la valeur 0, 1 ou 2.

En sortie de groupe les trois types de flux ressortent distinctement après la somme sur l'ensemble des baies du même type au sein d'un groupe : $Flt1(n)$ avec n qui prend la valeur 0, 1 ou 2.

5.8.3.1 *Description de l'assemblage*

Six fiches composent l'assemblage baies :

- baies vitrées;
- gestion-régulation des protections mobiles ;
- gestion-régulation de l'ouverture des baies ;
- environnement proche ;
- calcul des débits par ouverture des baies ;
- ensemble baies.

Pour chaque pas de temps et pour un élément baie (ensemble vitrage + menuiserie + protections mobiles), voici les étapes du calcul :

1) Première étape : conditions en amont de la baie

La fiche algorithme « environnement proche » calcule les flux lumineux et solaires incidents sur l'ensemble des baies du groupe (nécessite une remontée d'informations des paramètres d'intégration de chaque baie pour calculer uniquement les flux utiles).

Dans le même temps, la fiche algorithme « gestion-régulation de l'ouverture des baies » détermine le ratio surfacique d'ouverture de la baie ou des espaces tampons au pas de temps h .

A la suite de ces calculs, la fiche « espaces tampons » (positionnée au niveau du bâtiment), envoie aux algorithmes de l'assemblage baies les trois coefficients b dynamiques. En cas de surventilation d'un espace tampon (forcément vitré par définition), le coefficient $b_{therm,i,b}$ est supposé égal à 1.

2) Deuxième étape : calcul des ratios de protections mobiles

Dans la fiche algorithme « gestion des protections mobiles » se calculent des paramètres qui viendront modifier les caractéristiques physiques de la baie (calculs des ratios de fermeture de l'élément baie pour la première et éventuellement pour la seconde protection mobile,...).

3) Troisième étape : calculs au niveau d'une baie

La fiche algorithme « baies » calcule les flux lumineux et solaires transmis au groupe, à partir des paramètres précédents et des paramètres intrinsèques de la baie avec ou sans les protections mobiles qui lui sont associées. Les flux lumineux disposent d'un indice en fonction du type de baie. En effet leur contribution à l'éclairage du local dépendra du type de baie c'est-à-dire la disposition de la baie en fonction des locaux du groupe.

4) Quatrième étape : calculs au niveau du groupe

Enfin, la fiche algorithme « ensemble baies » fait la sommation, sur toutes les baies du groupe, des flux lumineux et solaires transmis au groupe par une baie, de la surface maximale d'ouverture ainsi que des calculs relatifs à l'intégration des baies dans le groupe (pourcentage de baies au Sud, etc.). les flux lumineux sont additionnés en fonction de leur type (diffus, direct, réfléchi) et en fonction du type de baie. Selon le type ils seront affectés ou non à un local selon la procédure décrite dans le chapitre dédié à l'éclairage.

Parallèlement, la fiche « calcul des débits par ouverture des baies » évalue les débits d'air par ouverture des baies au niveau du groupe, en fonction des orientations et des surfaces maximales d'ouverture des baies.

5.9 C_BAT_Gestion_protections_mobiles

5.9.1 INTRODUCTION

Cette fiche a pour objectif le calcul des ratios surfaciques de baie protégée par la première protection mobile (PM1) et/ou par la seconde protection mobile (PM2). Ces ratios de surface sont associés à la baie et évoluent à chaque pas de temps.

La Gestion des Protections Mobiles (GPM) doit permettre de déterminer :

- les types de gestion ;
- quand appliquer ces types de gestion ;
- comment appliquer ces types de gestion.

En termes de protections, la baie est caractérisée par deux protections mobiles, dont on définit les types :

- la première protection mobile (PM1) est de type volet, store enroulable ou store orientable (vénitien). Elle est également caractérisée par sa position (intérieure ou extérieure). Le store vénitien n'est permis que pour les baies verticales.
- la seconde protection mobile (PM2) vient en complément de la première et a une unique fonction d'anti-éblouissement. Sa gestion est manuelle et sa position intérieure.

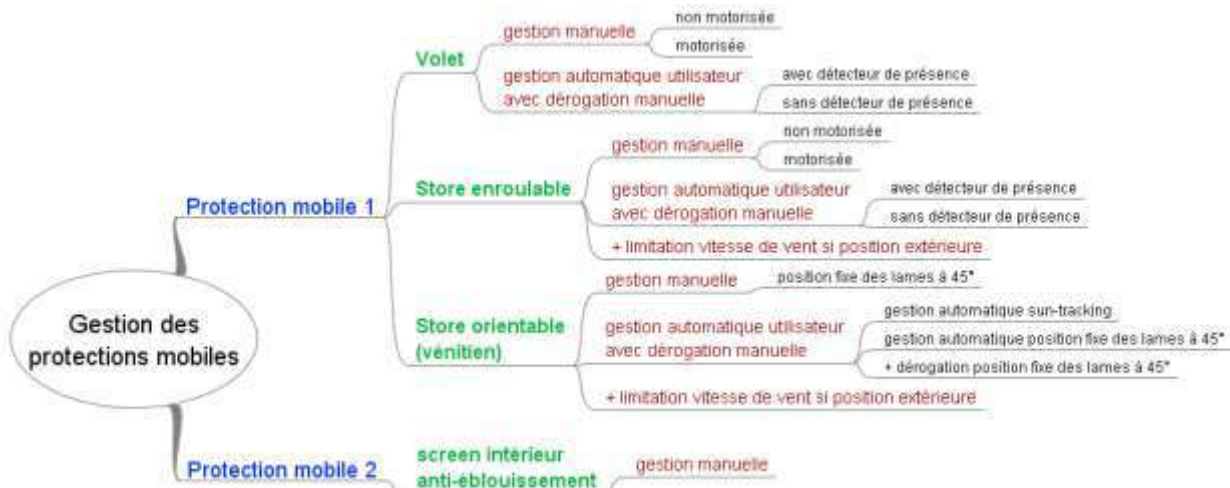


Figure 25 : Modes de gestion par type de protection mobile

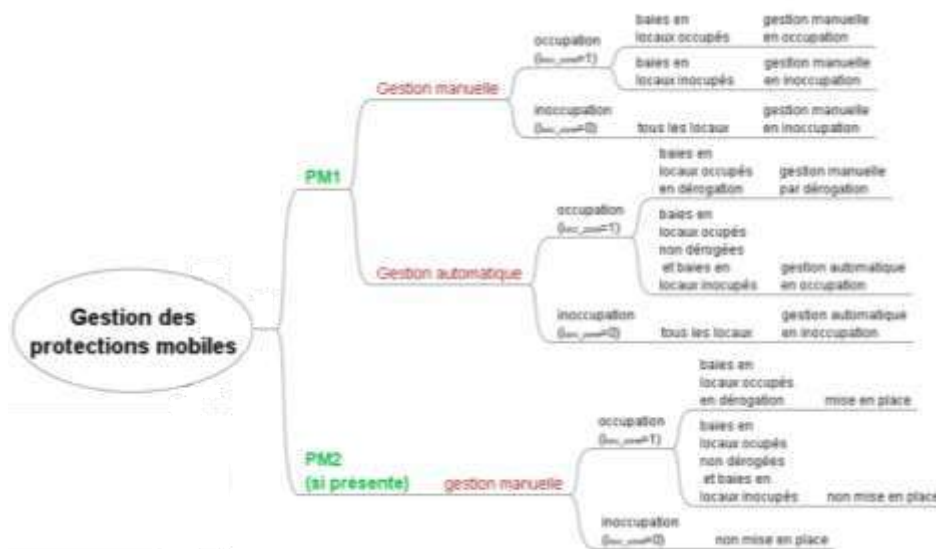


Figure 26 : Répartition des modes de gestion

5.9.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 33 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de gestion des protections mobiles.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
Saison	La saison propre au groupe au jour j, sous forme d'entier : 1 : saison de refroidissement ; 2 : mi-saison ; 3 : saison de chauffe avec interdiction de refroidir ; 4 : saison de chauffe avec autorisation de refroidir.	Ent.	
Env.proche	Etp^* : Eclairage incident total sur la baie, sans prise en compte du (des) espace(s) tampon(s)	lux	
Env.proche	V_{vent_c} : Vitesse du vent corrigée	m/s	
Groupe	$\theta_{op\_fin}(h-1)$: Température ressentie par l'occupant à la fin du pas de temps précédent	°C	
Climat ext.	$Is_{conf\_adapt}(h)$: Est-on en période de confort adaptatif (en mode Th-D) ?	°C	
Climat ext.	$Is_{periode\_chaude}(h)$: Est-on en période chaude ?	°C	
Scénarios conv.	$Jour\_année$: Jour de l'année (1 à 365)	-	
	h_{leg} : Heure légale de la journée (1 à 24)	-	
	Indice d'occupation de la zone 0 = zone inoccupée 1 = zone occupée <i>Cet indice correspond aux plages d'occupation données par les scénarios conventionnels.</i>	-	
	Indice d'occupation de la zone pour la gestion des protections mobiles -1 = zone inoccupée la nuit ou en vacances 0 = zone inoccupée le jour 1 = zone occupée <i>Cet indice correspond aux plages d'occupation données par les scénarios conventionnels.</i>	-	
Espace T	$b_{ecl,i,b}$: Coefficient de réduction de l'éclairage dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-	
Espace T	Id_{ET} : Indicateur de présence d'un espace tampon sur la baie vitrée b (0-pas d'espace tampon / 1-présence d'un espace tampon)	-	

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
B	Indice indiquant qu'il s'agit de la baie vitrée b	-	-	-	-
z	Indice indiquant qu'il s'agit de la zone	-	-	-	-
v	Indice indiquant que la première protection mobile est de type volet	-	-	-	-
se	Indice indiquant que la première protection mobile est de type store enroulable	-	-	-	-

sv	Indice indiquant que la première protection mobile est de type store vénitien	-	-	-	-
$Tli_{ap\_dir,b}$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident direct pour la partie de la baie vitrée b avec protection mobile	-	0	1	-
$Tld_{ap\_dif,b}$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident diffus de la partie avec protection mobile de la baie vitrée b	-	0	1	-
$Tld_{ap\_ref,b}$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident réfléchi de la partie avec protection mobile de la baie vitrée b	-	0	1	-
Pour les PM1 de type volet ou store enroulable					
<i>Pour la gestion automatique</i>					
$Eclim\_auto$	Seuil d'éclairement incident pour la gestion automatique	lux	0	$+\infty$	-
$Toph-1limh\_auto$	Limite haute pour la température opérative moyenne de l'heure précédente, utilisée en gestion automatique	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$Toph-1limb\_auto$	Limite basse pour la température opérative moyenne de l'heure précédente, utilisée en gestion automatique	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$Vventlim\_auto$	Seuil de vitesse de vent pour laquelle la protection (extérieure) est remontée, utilisée en gestion automatique	m/s	0	$+\infty$	-
M_Rprot1_auto	Matrice pour calculer le ratio de fermeture des volets ou des stores enroulables, en occupation et en inoccupation, pour la gestion automatique	-	[0]	[1]	-
<i>Pour la gestion manuelle</i>					
$Topj-1lim\_manu\_v[z]$	Limite haute pour la température opérative moyenne du jour précédent, en gestion manuelle lorsque la protection est de type volet	°C	$-\infty$	$+\infty$	26.5
$Topj-1lim\_manu\_se[z]$	Limite haute pour la température opérative moyenne du jour précédent, en gestion manuelle lorsque la protection est de type store enroulable	°C	$-\infty$	$+\infty$	26.5
$Vventlim\_manu\_se$	Seuil de vitesse de vent pour lequel la protection (extérieure) de type store enroulable est remontée	m/s	0	$+\infty$	10
$M\_Rprot1\_manu\_occ\_v[z]$	Matrice pour calculer le ratio de fermeture des volets en occupation et pour la gestion manuelle	-	-	-	-
$M\_Rprot1\_manu\_occ\_se[z]$	Matrice pour calculer le ratio de fermeture des stores enroulables en occupation et pour la gestion manuelle	-	-	-	-
$M\_Rprot1\_manu\_inocc\_v[z]$	Matrice pour calculer le ratio de fermeture des volets en inoccupation et pour la gestion manuelle	-	[0]	[1]	-
$M\_Rprot1\_manu\_inocc\_se[z]$	Matrice pour calculer le ratio de fermeture des stores enroulables en inoccupation et pour la gestion manuelle	-	[0]	[1]	-
$M\_Ecl2\_occ1\_v[z]$	Matrice de seuils d'éclairement pour lesquels la seconde protection mobile est entièrement fermée en occupation, lorsque la première protection mobile est de type volet	[lux]	[0]	$[\infty]$	-
$M\_Ecl2\_occ1\_se[z]$	Matrice de seuils d'éclairement pour lesquels la seconde protection mobile est entièrement fermée en occupation, lorsque la première protection mobile est de type store enroulable	[lux]	[0]	$[\infty]$	-
Pour les PM1 de type store vénitien					
<i>Pour la gestion automatique</i>					
$Eclim\_auto\_sv$	Seuil d'éclairement incident pour la gestion automatique	lux	0	$+\infty$	-
$Vventlim\_auto\_sv$	seuil de vitesse de vent limite pour lequel les stores vénitiens (extérieurs) sont remontés en gestion automatique	m/s	0	$+\infty$	-

<i>M_Rprot1_uto_sv</i>	Matrice des ratios de fermeture des stores vénitiens, en occupation et en inoccupation, pour la gestion automatique <i>Pour la gestion manuelle</i>	-	[0]	[1]	-
<i>Eclim_manu_sv</i>	Seuil d'éclairement incident pour la gestion manuelle	lux	0	+∞	15000
<i>Vventlim_manu_sv</i>	seuil de vitesse de vent limite pour lequel les stores vénitiens (extérieurs) sont remontés en gestion manuelle	m/s	0	+∞	10
<i>M_Rprot1_manu_sv[z]</i>	Matrice des ratios de fermeture des stores vénitiens, en occupation et en inoccupation, pour la gestion manuelle	-	[0]	[1]	-
<i>M_Ecl2_occ1_sv[z]</i>	Matrice de seuils d'éclairement pour lesquels la seconde protection mobile est entièrement fermée en occupation, lorsque la première protection mobile est de type store vénitien	[lux]	[0]	[+∞]	-
Pour les PM2 (quelque soit PM1)					
<i>Rprot2_1-partGPM</i>	Ratio de surface de baies protégées par la seconde protection mobile en inoccupation	-	0	1	-
<i>Rprot2_occ0</i>	Ratio de surface de baies protégées par la seconde protection mobile pour un éclairage nul	-	0	1	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Usage_zone</i>	Type d'usage de la zone (utilisée pour les données conventionnelles)	-	1	31	-
<i>Pocc[z]</i>	Part des baies en groupe occupé pour lesquelles un occupant peut agir manuellement	-	0	1	-
<i>Pderog[z]</i>	Part des baies dans les locaux occupés dont les protections mobiles sont en dérogation manuelle	-	0	1	-
<i>Choix_PM_GPM</i>	Type de PM et de gestion associée (0-pas de PM / 1 à 3-volet / 4 à 6-store enroulable / 6 à 9-store vénitien)	-	0	9	-
<i>Prot_ext</i>	Protection intérieure (=faux) ou extérieure (=vrai)	Bool	Faux	Vrai	-
<i>PM2</i>	Présence d'une seconde protection mobile	Bool	Faux	Vrai	-
Pour les PM1 de type volet ou store enroulable					
<i>Type-GPM</i>	Type de gestion de la première protection mobile de type volet ou store enroulable (=1 si automatique avec dérogation, =2 si gestion manuelle non motorisée, =3 si gestion manuelle motorisée)	-	1	3	-
<i>Detec_pres</i>	Présence d'un détecteur de présence (pour la dérogation manuelle), pour des protections de type volet ou store enroulable	Bool	Faux	Vrai	-
<i>Type_horl</i>	Type d'horloge pour la distinction jour/nuit en gestion automatique (0-pas de distinction jour/nuit / 1-horloge crépusculaire / 2-horloge personnalisable), pour des protections de type volet ou store enroulable	-	0	2	-
<i>M_horl_jour</i>	Matrice des heures de distinction jour/nuit pour l'horloge personnalisée, pour des protections de type volet ou store enroulable	-	[1]	[24]	-
Pour les PM1 de type store vénitien					
<i>Type-GPM-sv</i>	Type de gestion de la première protection mobile de type stores vénitiens (=1 si gestion sun-tracking, =2 si gestion manuelle-position fixe des lames, =3 si gestion automatique 45°)	-	1	3	-
<i>Type_horl_sv</i>	Type d'horloge pour la distinction jour/nuit si gestion automatique (0-pas de distinction jour/nuit /	-	0	2	-

<i>M_horl_jour_sv</i>	1-horloge crépusculaire / 2-horloge personnalisable) pour les stores vénitiens Matrice des heures de distinction jour/nuit pour l'horloge personnalisée pour les stores vénitiens	-	[1]	[24]	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
<i>Etp**</i>	Eclairement incident total sur la baie, après prise en compte du (des) espace(s) tampon(s)	lux
<i>Topj-1_max</i>	Température opérative maximale du jour précédent	°C
<i>Topj_max</i>	Température opérative maximale du jour	°C
<i>Hj_début</i>	Heure de début de jour pour la gestion automatique (si horloge personnalisée)	-
<i>Hj_fin</i>	Heure de fin de jour pour la gestion automatique (si horloge personnalisée)	-
<i>Jour</i>	Indique les périodes de jour et de nuit (=vrai si c'est le jour ; =faux si c'est la nuit)	Bool
<i>Saison_GPM</i>	Indicateur de saison (1-hiver / 2-mi-saison / 3-été)	-
<i>Tli_{max,b}</i>	Valeur maximale des trois facteurs de transmission lumineuse de la baie vitrée b avec protection mobile	-
<i>Rprot1_auto</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type volet ou store enroulable en gestion automatique	-
<i>Rprot</i>	Terme générique caractérisant un ratio de fermeture d'une protection mobile	-
<i>Rprot0</i>	Terme générique caractérisant un ratio de fermeture d'une protection mobile pour un éclairage nul	-
<i>Eclman</i>	Terme générique caractérisant un seuil d'éclairement incident pour lequel une protection mobile est entièrement fermée	lux
<i>Type-GPM-manu</i>	Type de gestion de PM1 de type volet ou store enroulable prenant en compte un éventuel détecteur de présence (=1 si auto avec dérogation+détecteur de présence, =2 si auto avec dérogation sans détecteur de présence, =3 si gestion manuelle non motorisée, =4 si gestion manuelle motorisée)	-
<i>Rprot2_b</i>	Ratio de surface de la baie vitrée b protégée par la seconde protection mobile	-
<i>Is_PM2_active</i>	Indicateur d'activation de la seconde protection mobile	Bool

Pour les PM1 de type volet

<i>Rprot1_manu_occ0_v</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type volet, pour un éclairage nul, en gestion manuelle et en occupation le jour (dans le cas où il n'y a pas de seconde protection mobile)	-
<i>Ecl1_manu_occ1_v</i>	Seuil d'éclairement incident pour lequel <i>Rprot1_manu_occ_v</i> = 1 (en gestion manuelle et en occupation le jour dans le cas où il n'y a pas de seconde protection mobile)	lux
<i>Rprot1_manu_occ_v</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type volet, en gestion manuelle et en occupation	-
<i>Rprot1_manu_inocc_v</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type volet, en gestion manuelle et en inoccupation	-

<i>Ecl2_occ1_v</i>	Seuil d'éclairement incident pour lequel Rprot2_occ_v = 1 (en occupation, pour des PM1 de type volet)	lux
Pour les PM1 de type store enroulable		
<i>Rprot1_manu_occ0_se</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store enroulable, pour un éclairage nul, en gestion manuelle et en occupation le jour (dans le cas où il n'y a pas de seconde protection mobile)	-
<i>Ecl1_manu_occ1_se</i>	Seuil d'éclairement incident pour lequel Rprot1_manu_occ_se = 1 (en gestion manuelle et en occupation le jour dans le cas où il n'y a pas de seconde protection mobile)	lux
<i>Rprot1_manu_occ_se</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store enroulable, en gestion manuelle et en occupation	-
<i>Rprot1_manu_inocc_se</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store enroulable, en gestion manuelle et en inoccupation	-
<i>Ecl2_occ1_se</i>	Seuil d'éclairement incident pour lequel Rprot2_occ_se = 1 (en occupation, pour les stores enroulables)	lux
Pour les PM1 de type store vénitien		
<i>Rprot1_auto_occ_sv</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store vénitien, en gestion automatique et en occupation	-
<i>Rprot1_auto_inocc_sv</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store vénitien, en gestion automatique et en inoccupation	-
<i>Rprot1_manu_occ_sv</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store vénitien, en gestion manuelle et en occupation	-
<i>Rprot1_manu_inocc_sv</i>	Ratio de surface de baies protégées par la première protection mobile de type store vénitien, en gestion manuelle et en inoccupation	-
<i>Ecl2_occ1_sv</i>	Seuil d'éclairement incident pour lequel Rprot2_occ_sv = 1 (en occupation, pour les stores vénitiens)	lux

Sorties

Nom	Description	Unité
<i>part_{GPM}</i>	Pourcentage de la surface des baies appartenant soit aux locaux réellement occupés d'un groupe en période d'occupation (si gestion manuelle), soit aux locaux en dérogation manuelle (si gestion automatique)	-
<i>Rprot1_{partGPM, b}</i>	Position de la première protection mobile de la baie vitrée b dans la « part _{GPM} » des locaux (0 – ouverte, 1 – fermée)	-
<i>Rprot1_{1-partGPM, b}</i>	Position de la première protection mobile de la baie vitrée b dans la partie « 1- part _{GPM} » des locaux (0 – ouverte, 1 – fermée)	-
<i>Rprot2_b</i>	Position de la seconde protection mobile de la baie vitrée b (0 – ouverte, 1 – fermée)	-

Tableau 33 : Nomenclature des différentes variables du modèle de gestion des protections mobiles

5.9.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.9.3.1 Structure des calculs

Notations

Les données conventionnelles sont définies pour chaque type de zone, avec l'indice :

[z] numéro de la zone concernée

On distingue les trois types de protections mobiles par les indices suivants :

- $\_v$ volet
- $\_se$ store enroulable
- $\_sv$ store vénitien

L'indice **0** accolé à *occ* caractérise la valeur du *Rprot* pour un éclairement nul.

L'indice **1** accolé à *occ* caractérise la valeur de l'éclairément pour un *Rprot*=1.

L'indice **1** affecté au *Rprot* ou à *Ecl* caractérise la première protection mobile.

L'indice **2** affecté au *Rprot* ou à *Ecl* caractérise la seconde protection mobile.

Exemple : *Rprot1_manu_occ0* est le ratio de fermeture de la première protection mobile pour un éclairément nul (en occupation et en gestion manuelle).

Conventions

- Les tableaux relatifs à la gestion manuelle feront l'objet d'une convention non modifiable par l'utilisateur et définie pour chaque zone. Les tableaux relatifs aux automatismes seront, au moins initialement, des données d'entrée de la méthode.

- La GPM d'une baie consiste à déterminer les ratios surfaciques de baie protégée. On appelle *Rprot* un ratio de surface relative de protection de la baie, tel que :

- $Rprot = 0$ si la baie est sans protection mobile
- $Rprot = 1$ si la protection mobile est en place

Répartition des locaux en période d'occupation

On définit une part $Part_{GPM}$ de la baie qui correspond aux locaux réellement occupés en période d'occupation telle que définie dans les scénarii d'usage. On attribuera donc un $Rprot_{partGPM}$ pour la part $Part_{GPM}$ de la baie et un $Rprot_{1-partGPM}$ pour la part $(1 - Part_{GPM})$. Cette règle est valable pour la gestion manuelle.

Mode de gestion à prendre en compte pour la première protection mobile

- volet, store enroulable

- automatique avec dérogation
- manuelle motorisée

- manuelle non motorisée

- store à lames orientables

- suntracking avec dérogation
- automatique fixe 45° avec dérogation
- manuelle

NB : les cas « manuelle motorisée avec commande générale dérogeable » sont assimilés à manuelle motorisée.

Règles pour la dérogation de la gestion automatique

Le principe de la dérogation est de l'appliquer sur une partie de la part des locaux réellement occupés. De cette manière, la baie en période d'occupation est partagée entre la gestion manuelle par dérogation et la gestion automatique.

Résumé des règles de gestion

Si la protection mobile 1 est équipée d'une gestion automatique :

- En période d'inoccupation, on applique la gestion automatique sur la totalité de la baie
- En période d'occupation, on applique la gestion manuelle par dérogation sur une partie de la baie et la gestion automatique pour le reste

Si la protection mobile 1 est gérée manuellement :

- En période d'inoccupation, on applique la gestion manuelle d'inoccupation sur la totalité de la baie
- En période d'occupation, on applique la gestion manuelle d'occupation sur une partie de la baie (correspondant à la part des locaux réellement occupés) et la gestion manuelle d'inoccupation pour le reste (correspondant à la part des locaux réellement inoccupés)

Spatio-temporel

Si la gestion est automatique, la matrice pour le calcul du Rprot est définie au niveau de la baie. A chaque pas de temps, l'outil va chercher dans cette matrice la valeur de Rprot correspondante.

Si la gestion est manuelle, une matrice pour le calcul du Rprot est définie conventionnellement pour chaque usage (donc au niveau de la zone). Selon l'usage de la zone à laquelle appartient la baie étudiée, l'outil va chercher dans la matrice correspondante la valeur de Rprot.

5.9.3.2 Calculs préliminaires

5.9.3.2.1 Calcul de la température maximale du jour précédent

Certaines fonctions de gestion-régulation définies ci-dessous nécessitent de connaître la température opérative maximale du jour précédent, notée $Topj-1_{max}$.

À chaque pas de temps :

$$Topj_{max} = \max (Topj_{max} ; \theta_{op,fin}(h-1))$$

si incrémentation de *Jour_année*

(175)

alors

$$Topj-1_{max} = Topj_{max}$$

$$Topj_{max} = 0$$

Note : pour le premier jour de l'année, la donnée $Topj-1_{max}$ ne sera pas accessible. On prendra une valeur nulle par défaut (cela n'aura de toute façon aucun impact, la température opérative maximale du jour précédent étant utilisée uniquement en été).

5.9.3.2.2 Calcul de l'éclairement incident

L'éclairement incident est corrigé par la présence d'espaces tampons.

On pose

$$Etp^{**} = b_{ecl,b} \cdot Etp^{*}$$

(176)

Où Etp^{**} est l'éclairement incident sur la baie, après correction due à la présence d'un espace tampon.

5.9.3.2.3 Calcul d'un Rprot en fonction de l'éclairement

Lorsque le local est occupé, en période de jour et en absence d'une seconde protection mobile, le ratio de fermeture d'une protection mobile de type volet ou store enroulable dépend de l'éclairement. Le principe général de calcul est détaillé ci-dessous.

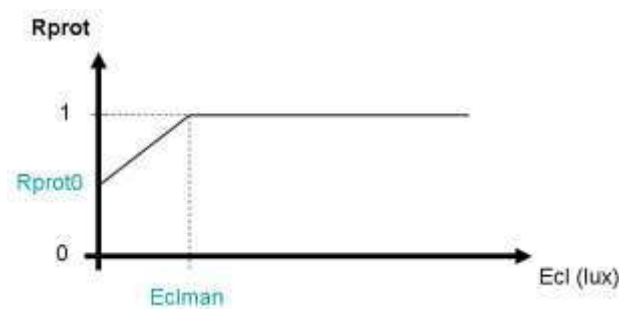


Figure 27 : Calcul d'un Rprot en fonction de l'éclairement

Si $Etp^{**} \geq Ecl_{man}$

(177)

$$R_{prot} = 1$$

Si $Etp^{**} < Eclman$

$$R_{prot} = R_{prot0} + (1 - R_{prot0}) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman}$$

Pour les quatre cas suivants, le ratio de fermeture des protections mobiles ne se calcule pas à partir de l'éclairement (il prend une valeur unique définie dans les matrices correspondantes) :

- si la protection mobile est de type store vénitien ;
- en gestion manuelle, lorsque le local est occupé et en période de nuit ;
- en gestion manuelle, lorsque le local est occupé et en présence d'une seconde protection mobile ;
- en gestion manuelle, lorsque le local est inoccupé ;
- en gestion automatique.

5.9.3.2.4 Calcul de Part_GPM

$Part_{GPM}$ permet de distinguer deux types de locaux ayant des ratios de fermeture des protections mobiles différents.

5.9.3.2.4.1 En gestion manuelle ((type-PM=1 ou 2 et Type-GPM=2 ou 3) ou (type-PM=3 et Type-GPM-sv=2))

En gestion manuelle, $part_{GPM}$ est la part des baies en locaux occupés.

En période d'occupation ($i_{occ\_zone}=vrai$)

$$part_{GPM} = Pocc[z] \quad (178)$$

En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}=faux$),

$$part_{GPM} = 0$$

$Pocc[z]$ est la part des baies en groupe occupé pour lesquelles un occupant peut agir manuellement. Ce paramètre conventionnel est défini pour chaque zone.

5.9.3.2.4.2 En gestion automatique ((type-PM=1 ou 2 et Type-GPM=1) ou (type-PM=3 et Type-GPM-sv=1 ou type-GPM-sv=3))

En gestion automatique, $part_{GPM}$ représente la part des baies du groupe dont la gestion des protections mobiles est la dérogation manuelle.

En période d'occupation ($i_{occ\_zone}=vrai$)

$$part_{GPM} = Pocc[z] \cdot Pderog[z] \quad (179)$$

En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}=faux$),

$$part_{GPM} = 0$$

$Pderog[z]$ est la part des baies en locaux occupés dont la gestion des protections mobiles est la dérogation manuelle.

5.9.3.2.4.3 Récapitulatif

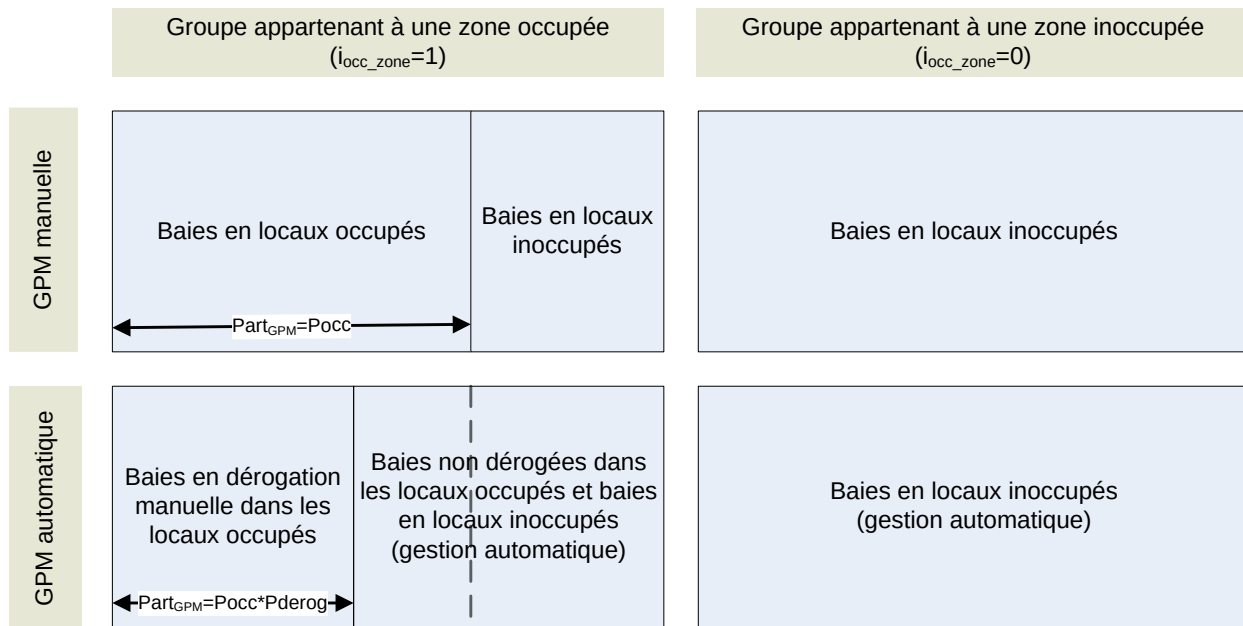


Figure 28 : Synthèse du calcul de $part\_GPM$ en fonction des configurations

5.9.3.2.5 Création d'une variable interne pour les volets et les stores enroulables

Pour des protections mobiles de type volet ou store enroulable, le ratio de fermeture R_{prot} dépend du type de gestion de la première protection mobile. La création de la variable interne *type-GPM-manu* permet de simplifier le traitement des données stockées dans les matrices.

- si la gestion est automatique avec dérogation ($type-GPM=1$)

- si il y a un détecteur de présence ($detec\_pres=vrai$)

$$type-GPM-manu = 1$$

- si pas de détecteur de présence ($detec\_pres=faux$)

$$type-GPM-manu = 2 \tag{180}$$

- si la gestion manuelle est non motorisée ($type-GPM=2$)

$$type-GPM-manu = 3$$

- si la gestion manuelle est motorisée ($type-GPM=3$)

$$type-GPM-manu = 4$$

5.9.3.2.6 Calcul du paramètre saison_GPM

$Saison\_GPM$ est une variable interne nécessaire uniquement pour faire le lien entre la fiche algorithme saison et les algorithmes de cette fiche. Elle se calcule de la manière suivante :

- si $Saison^{gr}(j)=3$
 $saison\_GPM=1$ (hiver, chauffage)
 - si $Saison^{gr}(j)=2$ et $Saison^{gr}(j)=4$
 $saison\_GPM=2$ (mi-saison)
 - si $Saison^{gr}(j)=1$
 $saison\_GPM=3$ (été, refroidissement)
- (181)

5.9.3.2.7 Calcul du paramètre jour

Le paramètre booléen *Jour* permet de distinguer les colonnes jour et nuit des matrices. Ce paramètre varie selon le type d'horloge et selon le type de gestion des protections mobiles.

5.9.3.2.7.1 Pour les PM1 de type volet ou store enroulable (Type-PM=1 ou 2)

- Pour la gestion automatique (type-GPM=1)

- si $type\_horl=0$, on ne distingue pas le jour et la nuit.
 $Jour=vrai$
- si l'horloge est crépusculaire ($type\_horl=1$), le paramètre *Jour* est lié à l'éclairement incident sur la baie considérée.

$$\begin{cases} \text{Si } Etp^{**} \neq 0, Jour=vrai \\ \text{si } Etp^{**}=0, Jour=faux \end{cases} \quad (182)$$
- si l'horloge est personnalisable ($type\_horl=2$), le paramètre *Jour* dépend des données que l'occupant aura définies dans la matrice M_horl_jour .

$$\begin{cases} \text{Si } H_{j\_debut}(saison\_GPM) < H_{leg} \leq H_{j\_fin}(saison\_GPM) \text{ alors } Jour=vrai \\ \text{sinon } Jour=faux \end{cases}$$

Matrice M_Horl_jour	hiver	mi-saison	été
H_{j_debut}			
H_{j_fin}			

Figure 29 : matrice M_horl_jour

- Pour la gestion manuelle (type-GPM=2 ou type-GPM=3), on se base sur l'éclairement total incident Etp^{**} pour distinguer le jour de la nuit en occupation. Le paramètre i_{occ_gpm} permet de différencier l'occupation de l'inoccupation dite de jour et de celle dite de nuit ou de vacances. En effet, dans le cas de la gestion manuelle, pendant les périodes d'inoccupation la position des protections mobiles doit rester fixe et ne doit pas dépendre du paramètre *Jour*. La fiche « Scénarios conventionnels » définit donc les périodes d'inoccupation pour lesquelles la position des protections mobiles sera celle

de l'inoccupation en journée et les périodes d'inoccupation pour lesquelles la position des protections mobiles sera celle de l'inoccupation la nuit (notamment les périodes de weekend et de vacances). Le paramètre i_{occ_gpm} intervient donc également dans le calcul du paramètre *Jour*, comme suit :

Si $i_{occ\_gpm} = 1$

$$\begin{cases} \text{Jour} = \text{vrai}, \text{ si } Etp^{**} \neq 0 \\ \text{Jour} = \text{faux}, \text{ si } Etp^{**} = 0 \end{cases}$$

Si $i_{occ\_gpm} = 0$ (183)

Jour = vrai

Si $i_{occ\_gpm} = -1$

Jour = faux

5.9.3.2.7.2 Pour les PM1 de type store à lames orientables (Type-PM=3)

Le principe est le même que pour les volets ou les stores enroulables. Mais les heures de début et de fin de jour peuvent être différentes.

- Pour la gestion automatique (type-GPM-sv=1 ou type-GPM-sv=3)

- si *type_horl_sv*=0, on ne distingue pas le jour et la nuit.

Jour=vrai

- si l'horloge est crépusculaire (*type_horl_sv*=1), le paramètre *Jour* est lié à l'éclairement incident sur la baie considérée.

$$\begin{cases} \text{Si } Etp^{**} \neq 0, \text{ Jour} = \text{vrai} \\ \text{si } Etp^{**} = 0, \text{ Jour} = \text{faux} \end{cases} \quad (184)$$

- si l'horloge est personnalisable (*type_horl_sv*=2), le paramètre *Jour* dépend des données que l'occupant aura définies dans la matrice *M_horl_jour_sv* (cf. ci-dessous)

$$\begin{cases} \text{si } H_{j\_debut}(saison\_GPM) < H_{leg} \leq H_{j\_fin}(saison\_GPM) \text{ alors } \text{Jour} = \text{vrai} \\ \text{sinon } \text{Jour} = \text{faux} \end{cases}$$

Matrice <i>M_Horl_jour_sv</i>	hiver	mi-saison	été
<i>Hj_debut</i>			
<i>Hj_fin</i>			

Figure 30 : matrice *M_horl_jour_sv*

- Pour la gestion manuelle (*type-GPM-sv*=2), on se base sur l'éclairement total incident Etp^{**} pour distinguer le jour de la nuit en occupation. Le paramètre i_{occ_gpm} permet de différencier l'occupation de l'inoccupation dite de jour et de celle dite de nuit ou de vacances. En effet, dans le cas de la gestion manuelle, pendant les périodes d'inoccupation la position des protections mobiles doit rester fixe et ne doit pas dépendre du paramètre *Jour*. La fiche « Scénarios conventionnels » définit donc les périodes d'inoccupation pour lesquelles la position des protections mobiles sera celle de l'inoccupation en journée et les périodes d'inoccupation pour lesquelles la position des protections

mobiles sera celle de l'inoccupation la nuit (notamment les périodes de weekend et de vacances). Le paramètre i_{occ_gpm} intervient donc également dans le calcul du paramètre $Jour$, comme suit :

Si $i_{occ\_gpm} = 1$

$$\begin{cases} Jour = \text{vrai, si } Etp^{**} \neq 0 \\ Jour = \text{faux, si } Etp^{**} = 0 \end{cases}$$

Si $i_{occ\_gpm} = 0$

$Jour = \text{vrai}$

Si $i_{occ\_gpm} = -1$

$Jour = \text{faux}$

(185)

5.9.3.2.8 Calcul de l'hystérésis

Si la gestion des protections mobiles de type volet ou store enroulable ($type\_PM=1$ ou 2) est automatique, le ratio de fermeture $Rprot$ dépend directement de la température opérative à la fin du pas de temps précédent.

La stratégie de fermeture fait intervenir une fonction d'hystérésis, qui est décrite par le schéma ci-dessous :

En notant :

- x la valeur du $Rprot$ issue de la matrice M_Rprot1_auto dans une situation donnée (occupation/inoccupation, saison, jour/nuit, Etp^{**}) et pour $\theta_{op,fin} < Toph-1limb$, et
- y la valeur du $Rprot$ issue de la matrice M_Rprot1_auto dans la même situation mais pour $Toph-1limh < \theta_{op,fin}$,

on a les profils suivants :

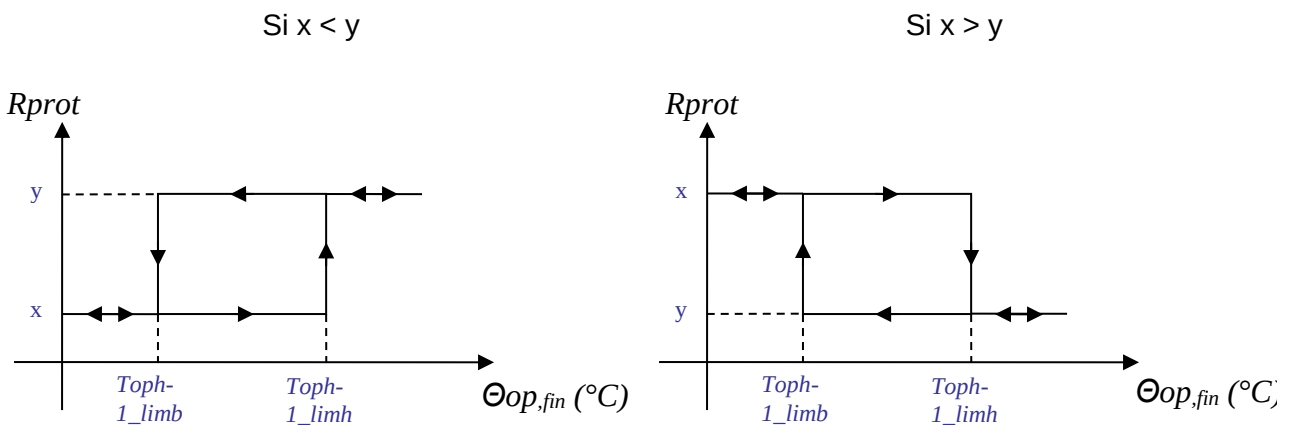


Figure 31 : Forme générale du profil du ratio de fermeture d'une protection mobile en gestion automatique, en fonction de la température opérative

5.9.3.3 Présentation des matrices de ratios de fermeture et des valeurs conventionnelles

Les 2 tableaux ci-dessous présentent de manière globale la structure des matrices utilisées pour les calculs des ratios de fermeture d'une protection mobile. Il s'agit d'une concaténation des matrices définies dans la nomenclature, permettant d'illustrer la caractérisation globale de la gestion des protections mobiles d'une baie.

Le premier tableau concerne le cas où la première protection mobile est de type volet ou store enroulable, le second concerne le cas où la première protection mobile est de type store vénitien.

Les cases en jaune représentent les valeurs définies par l'utilisateur (gestion automatique), tandis que les cases en vert et bleu représentent les valeurs conventionnelles (gestion manuelle et dérogation manuelle). Les cases en bleu se distinguent par la caractérisation des ratios de fermeture pour la seconde protection mobile (quand elle est présente).

Première protection mobile de type volet ou store enroulable				jour		nuit	jour		nuit					
				Etp* < Eclim_auto			Etp* ≥ Eclim_auto							
				Toph-1limh < 8op,fin	8op,fin < Toph-1limb	Toph-1limh < 8op,fin	8op,fin < Toph-1limb	Toph-1limh < 8op,fin	8op,fin < Toph-1limb	sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)		
				Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	PM1	PM1	PM1	PM2	PM1
										Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2	Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver											
			mi-saison											
			été	Toph-1_lim_manu < Toph-1_max Toph-1_max < Toph-1_lim_manu										
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver											
			mi-saison											
			été	Toph-1_lim_manu < Toph-1_max Toph-1_max < Toph-1_lim_manu										idem avec ou sans détecteur de présence
	inoccupation	gestion automatique	hiver											
			mi-saison											
			été											
		gestion automatique	hiver											
			mi-saison											
			été											
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver											
			mi-saison											
			été	Toph-1_lim_manu < Toph-1_max Toph-1_max < Toph-1_lim_manu										
		gestion manuelle motorisée	hiver											
			mi-saison											
			été	Toph-1_lim_manu < Toph-1_max Toph-1_max < Toph-1_lim_manu										
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver											
			mi-saison											
			été	Toph-1_lim_manu < Toph-1_max Toph-1_max < Toph-1_lim_manu										
		gestion manuelle motorisée	hiver											
			mi-saison											
			été	Toph-1_lim_manu < Toph-1_max Toph-1_max < Toph-1_lim_manu										

Figure 32 : matrice générale des ratios de fermeture dans le cas où la première protection mobile est de type volet ou store enroulable

Première protection mobile de type store vénitien				jour		nuit	jour		nuit	PM2		
				Etp** < Eclim_auto_sv	Etp** ≥ Eclim_auto_sv		Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv				
				Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot			
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver				idem gestion manuelle			idem gestion manuelle		
			mi-saison									
			été									
	inoccupation	automatisme	hiver									
			mi-saison									
			été									
			hiver									
			mi-saison									
été												
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver									
			mi-saison									
			été									
	inoccupation	gestion manuelle	hiver									
			mi-saison									
			été									

Figure 33 : matrice générale des ratios de fermeture dans le cas où la première protection mobile est de type store vénitien

5.9.3.3.1 Cas de la gestion manuelle (dont dérogation de gestion automatique)

Les matrices conventionnelles (gestion manuelle) ont été définies pour 6 familles, qui regroupent des usages considérés comme similaires du point de vue de la gestion des protections mobiles. Le tableau suivant présente ces regroupements d'usages, ainsi que les paramètres d'intégration *Pocc* et *Pderog* qui sont eux fixés pour chacun des 4 usages.

	Type d'usage	Regroupement d'usages						Paramètres	
		Habitation, hôtellerie et hébergement	Bureaux	Enseignement	Restauration	Hôpitaux (24h/24)	Autre	Pocc	Pderog
1	Maisons individuelles ou accolées	x						0,5	0,25
2	Logements collectifs	x						0,7	0,25
3	Bureaux		x					0,5	0,25
4	Enseignement primaire			x				0,7	0,4
5	Enseignement secondaire			x				0,7	0,4
6	Médiathèques et bibliothèques		x					0,7	0,4
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques			x				0,7	0,4
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	x						0,8	0,25
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	x						0,8	0,25
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)		x					0,8	0,25
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)		x					0,8	0,25
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance			x				0,7	0,4
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7				x			0,9	0,1
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7				x			0,9	0,1
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7				x			0,9	0,1

16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7				x			0,9	0,1
17	Commerces						x	0,7	0,1
18	Vestiaires seuls						x	0,9	0
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	x						0,8	0,25
20	Etablissements de santé (partie nuit)					x		0,8	0,25
21	Etablissements de santé (partie jour)		x					0,5	0,25
22	Aérogares						x	0,9	0
23	Industries ou artisanats 3x8h						x	0,7	0,1
24	Industries ou artisanats 8h à 18h						x	0,7	0,1
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires						x	0,9	0
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7				x			0,9	0,1
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7				x			0,9	0,1
28	Etablissements sportifs privés						x	0,9	0

Figure 34 : Regroupement d'usages et valeurs des paramètres Pocc et Pderog pour chaque usage

Les tableaux suivants correspondent aux matrices conventionnelles (gestion manuelle) pour chacune des 6 familles d'usages et pour les 3 types de protections mobiles (volet, store enroulable et store vénitien).

Ces tableaux n'intègrent pas les valeurs spécifiques aux modes Th_D en saison de confort adaptatif, ceux-ci seront détaillés dans le chapitre 5.9.3.6.

Première protection mobile de type volet				Habitation, hôtellerie et hébergement					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		PM1
				Rprot0	Ec11	Rprot	Ec12		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	100 000	10%	100 000	80%	
			mi-saison	10%	100 000	10%	60 000	80%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	60 000	30 000	80%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	40 000		80%	
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	100 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	90%	
			mi-saison	10%	100 000	10%		90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	30 000		20%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000		50%	90%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	100 000	15%	100 000	80%	
			mi-saison	15%	100 000	15%	80 000	80%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	80 000	30 000	80%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	60 000		40%	80%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	100 000	10%	100 000	90%	
			mi-saison	10%	100 000	10%	60 000	90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	60 000	30 000	90%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	40 000		40%	90%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	20%	idem avec ou sans PM2		70%		
			mi-saison	20%			70%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu			20%	70%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max			40%	70%	
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%			80%		
			mi-saison	10%			80%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu			20%	80%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max			50%	80%	

Figure 35 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type volet et pour les usages de la famille « habitation, hôtellerie et hébergement »

Première protection mobile de type volet				BUREAU					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		PM1
				Rprot0	Ec11	Rprot	Ec12		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	5%	80 000	5%	80 000	90%	
			mi-saison	5%	100 000	5%	80 000	90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	80 000	20 000	90%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	60 000		90%	
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	5%	80 000	5%	idem avec ou sans détecteur de présence	90%	
			mi-saison	5%	100 000	5%		90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	70 000		30%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	50 000		30%	90%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	80 000	10%	60 000	30%	
			mi-saison	10%	100 000	10%	80 000	30%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	10%	80 000	40 000	30%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	15%	60 000		20%	30%
		gestion manuelle motorisée	hiver	5%	80 000	5%	60 000	70%	
			mi-saison	5%	100 000	5%	80 000	70%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	80 000	30 000	70%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	60 000		30%	70%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	idem avec ou sans PM2			30%	
			mi-saison	10%				30%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	30%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				30%	30%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%				70%	
			mi-saison	10%				70%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	70%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	70%

Figure 36 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type volet et pour les usages de la famille « bureau »

Première protection mobile de type volet				ENSEIGNEMENT					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2	Rprot	
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	5%	80 000	5%	80 000	20%	
			mi-saison	5%	100 000	5%	80 000	20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	80 000	30%	20 000	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	60 000	30%	20%	20%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	5%	80 000	5%	idem avec ou sans détecteur de présence	20%	
			mi-saison	5%	100 000	5%		20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	70 000		30%	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	50 000		30%	20%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	80 000	10%	60 000	90%	
			mi-saison	10%	100 000	10%	80 000	90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	10%	80 000	20%	40 000	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	15%	60 000	20%	90%	
		gestion manuelle motorisée	hiver	5%	80 000	5%	60 000	90%	
			mi-saison	5%	100 000	5%	80 000	90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	80 000	30%	30 000	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	60 000	30%	90%	
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	idem avec ou sans PM2			60%	
			mi-saison	10%				60%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	60%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				30%	60%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%				90%	
			mi-saison	10%				90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	90%

Figure 37 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type volet et pour les usages de la famille « enseignement »

Première protection mobile de type volet				RESTAURATION					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	5%	150 000	5%	80 000	10%	
			mi-saison	5%	150 000	5%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	150 000	30%	20 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	150 000	30%		10%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	5%	150 000	5%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%	
			mi-saison	5%	150 000	5%		10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	150 000		30%	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	150 000		30%	10%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	150 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	10%	150 000	10%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	10%	150 000	20%	40 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	15%	150 000	20%		10%
		gestion manuelle motorisée	hiver	5%	150 000	5%	60 000	10%	
			mi-saison	5%	150 000	5%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	150 000	30%	30 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	150 000	30%		10%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	5%	idem avec ou sans PM2			90%	
			mi-saison	10%				90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	90%
		gestion manuelle motorisée	hiver	5%				90%	
			mi-saison	10%				90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				50%	90%

Figure 37-1 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type volet et pour les usages de la famille « restauration »

Première protection mobile de type volet				HOPITAUX NUIT					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	80 000	80%	
			mi-saison	10%	80 000	10%	80 000	80%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	30 000	20%	80%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%	80%	
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	90%	
			mi-saison	10%	80 000	10%		90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	20 000		20%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	20 000		50%	90%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	60 000	15%	60 000	80%	
			mi-saison	15%	80 000	15%	80 000	80%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	40 000	20%	40 000	80%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	40 000	40%		80%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	60 000	10%	60 000	90%	
			mi-saison	10%	80 000	10%	80 000	90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	30 000	20%	30 000	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	40%		90%
		inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	20%	idem avec ou sans PM2		70%	
				mi-saison	20%			70%	
				été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu			20%	70%
					Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max			40%	70%
	gestion manuelle motorisée		hiver	10%	80%				
			mi-saison	10%	80%				
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%			80%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	50%			80%	

Figure 37-2 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type volet et pour les usages de la famille « hôpitaux-
nuit »

Première protection mobile de type volet				AUTRES USAGES					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	20%	200 000	20%	200 000	80%	
			mi-saison	20%	200 000	20%	200 000	80%	
			été	Topj_1_max < Topj_1_lim_manu	20%	200 000	20%	200 000	80%
				Topj_1_lim_manu <= Topj_1_max	20%	200 000	20%		80%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	20%	200 000	20%	idem avec ou sans détecteur de présence	80%	
			mi-saison	20%	200 000	20%		80%	
			été	Topj_1_max < Topj_1_lim_manu	20%	200 000		20%	80%
				Topj_1_lim_manu <= Topj_1_max	20%	200 000		20%	80%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	20%	200 000	20%	200 000	80%	
			mi-saison	20%	200 000	20%	200 000	80%	
			été	Topj_1_max < Topj_1_lim_manu	20%	200 000	20%	200 000	80%
				Topj_1_lim_manu <= Topj_1_max	20%	200 000	20%		80%
		gestion manuelle motorisée	hiver	20%	200 000	20%	200 000	80%	
			mi-saison	20%	200 000	20%	200 000	80%	
			été	Topj_1_max < Topj_1_lim_manu	20%	200 000	20%	200 000	80%
				Topj_1_lim_manu <= Topj_1_max	20%	200 000	20%		80%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	20%	idem avec ou sans PM2		80%		
			mi-saison	20%			80%		
			été	Topj_1_max < Topj_1_lim_manu			20%	80%	
				Topj_1_lim_manu <= Topj_1_max			20%	80%	
		gestion manuelle motorisée	hiver	20%			80%		
			mi-saison	20%			80%		
			été	Topj_1_max < Topj_1_lim_manu			20%	80%	
				Topj_1_lim_manu <= Topj_1_max			20%	80%	

Figure 37-3 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type volet et pour les usages de la famille « autres
usages »

Première protection mobile de type store enroulable				Habitation, hôtellerie et hébergement					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2	PM1	
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2	Rprot	
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	100 000	10%	100 000	10%	
			mi-saison	10%	60 000	10%	60 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	50 000	20%	30 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		10%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%	
			mi-saison	10%	60 000	10%		10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	40 000		20%	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000		50%	10%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	100 000	10%	100 000	10%	
			mi-saison	10%	80 000	10%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	15%	60 000	15%	30 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	40 000	40%		10%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	100 000	10%	100 000	10%	
			mi-saison	10%	60 000	10%	60 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	50 000	20%	20 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		10%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	10%	idem avec ou sans PM2			20%	
			mi-saison	20%				20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	20%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%				10%	
			mi-saison	20%				10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				60%	10%

Figure 38 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store enroulable et pour les usages de la famille « habitation, hôtellerie et hébergement »

Première protection mobile de type store enroulable				BUREAU					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		PM1
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	80 000	15%	
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	15%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	20 000	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%	20%	20%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%	
			mi-saison	10%	80 000	20%		10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	20 000		45%	15%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	20 000		50%	15%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	60 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	15%	80 000	15%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	40 000	35%	40 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	40 000	40%	10%	
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	60 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	30 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%	10%	
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	idem avec ou sans PM2			15%	
			mi-saison	15%				15%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				30%	20%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%				10%	
			mi-saison	10%				10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	15%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	15%

Figure 39 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store enroulable et pour les usages de la famille « bureau »

Première protection mobile de type store enroulable				ENSEIGNEMENT					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection.		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	80 000	15%	
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	15%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	20 000	15%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		15%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%	
			mi-saison	10%	80 000	20%		10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	20 000		45%	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	20 000		50%	10%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	60 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	15%	80 000	15%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	40 000	35%	40 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	40 000	40%		10%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	60 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	30 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		10%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	idem avec ou sans PM2			10%	
			mi-saison	15%				10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				25%	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				30%	10%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%				10%	
			mi-saison	10%				10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	10%

Figure 40 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store enroulable et pour les usages de la famille « enseignement »

Première protection mobile de type store enroulable				RESTAURATION					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		
				Rprot0	Ec11	Rprot	Ec12		Rprot
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	80 000	15%	
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	15%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	20 000	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		20%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%	
			mi-saison	10%	80 000	20%		10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	20 000		45%	15%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	20 000		50%	15%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	60 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	15%	80 000	15%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	40 000	35%	40 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	40 000	40%		10%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	60 000	10%	60 000	10%	
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	10%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	30 000	10%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		10%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	idem avec ou sans PM2			80%	
			mi-saison	15%				80%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				25%	80%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				30%	80%
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%				90%	
			mi-saison	10%				90%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				30%	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				40%	90%

Figure 40-1 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store enroulable et pour les usages de la famille « restauration »

Première protection mobile de type store enroulable				HOPITAUX NUIT						
				jour				nuit		
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)				
				PM1	PM1	PM1	PM2		PM1	
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2	Rprot		
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	80 000	15%		
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	15%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	20 000	20%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		20%	
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%		
			mi-saison	10%	80 000	20%		10%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	20 000		45%	15%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	20 000		50%	15%	
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	60 000	10%	60 000	10%		
			mi-saison	15%	80 000	15%	80 000	10%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	40 000	35%	40 000	10%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	40 000	40%		10%	
		gestion manuelle motorisée	hiver	10%	60 000	10%	60 000	10%		
			mi-saison	10%	80 000	20%	80 000	10%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	25%	30 000	45%	30 000	10%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	50%		10%	
		inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	15%	idem avec ou sans PM2			15%	
				mi-saison	15%				15%	
				été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				25%	20%
					Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				30%	20%
	gestion manuelle motorisée		hiver	10%	10%					
			mi-saison	10%	10%					
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	30%				15%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	40%				15%	

Figure 40-2 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store enroulable et pour les usages de la famille
« hôpitaux-nuit »

Première protection mobile de type store enroulable				AUTRES USAGES					
				jour				nuit	
				sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)			
				PM1	PM1	PM1	PM2		PM1
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2	Rprot	
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	20%	200 000	20%	200 000	20%	
			mi-saison	20%	200 000	20%	200 000	20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	200 000	20%	200 000	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	200 000	20%		20%
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	20%	200 000	20%	idem avec ou sans détecteur de présence	20%	
			mi-saison	20%	200 000	20%		20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	200 000		20%	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	200 000		20%	20%
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	20%	200 000	20%	200 000	20%	
			mi-saison	20%	200 000	20%	200 000	20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	200 000	20%	200 000	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	200 000	20%		20%
		gestion manuelle motorisée	hiver	20%	200 000	20%	200 000	20%	
			mi-saison	20%	200 000	20%	200 000	20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	200 000	20%	200 000	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	200 000	20%		20%
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver	20%	idem avec ou sans PM2			20%	
			mi-saison	20%				20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				20%	20%
		gestion manuelle motorisée	hiver	20%				20%	
			mi-saison	20%				20%	
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu				20%	20%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max				20%	20%

Figure 40-3 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store enroulable et pour les usages de la famille
« autres usages »

Première protection mobile de type store vénitien				Habitation, hôtellerie et hébergement			
				jour		nuit	PM2
				Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv		
				Rprot	Rprot	Rprot	Ecl2
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
			mi-saison				
			été				
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver	20%	60%	80%	100 000
			mi-saison	10%	40%	80%	80 000
			été	20%	70%	80%	30 000
	inoccupation	gestion manuelle	hiver	40%		70%	
			mi-saison	20%		70%	
			été	40%		70%	

Figure 41 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store vénitien et pour les usages de la famille « habitation, hôtellerie et hébergement »

Première protection mobile de type store vénitien				BUREAU			
				jour		nuit	PM2
				Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv		
				Rprot	Rprot	Rprot	Ecl2
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
			mi-saison				
			été				
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver	20%	60%	20%	60 000
			mi-saison	10%	40%	10%	80 000
			été	20%	70%	20%	40 000
	inoccupation	gestion manuelle	hiver	40%		40%	
			mi-saison	20%		20%	
			été	40%		40%	

Figure 42 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store vénitien et pour les usages de la famille « bureau »

Première protection mobile de type store vénitien				ENSEIGNEMENT			
				jour		nuit	PM2
				Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv		
				Rprot	Rprot	Rprot	Ecl2
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
			mi-saison				
			été				
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver	20%	60%	20%	60 000
			mi-saison	10%	40%	10%	80 000
			été	20%	70%	20%	40 000
	inoccupation	gestion manuelle	hiver	40%		90%	
			mi-saison	20%		90%	
			été	40%		90%	

Figure 43 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store vénitien et pour les usages de la famille « enseignement »

Première protection mobile de type store vénitien				RESTAURATION			
				jour		nuit	PM2
				Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv		
				Rprot	Rprot	Rprot	Ecl2
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver mi-saison été	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver	20%	60%	20%	60 000
			mi-saison	10%	40%	10%	80 000
			été	20%	70%	20%	40 000
	inoccupation	gestion manuelle	hiver	40%		40%	
			mi-saison	20%		20%	
			été	40%		40%	

Figure 43-1 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store vénitien et pour les usages de la famille « restauration »

Première protection mobile de type store vénitien				HOPITAUX NUIT			
				jour		nuit	PM2
				Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv		
				Rprot	Rprot	Rprot	Ecl2
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver mi-saison été	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver	20%	60%	80%	60 000
			mi-saison	10%	40%	80%	80 000
			été	20%	70%	80%	40 000
	inoccupation	gestion manuelle	hiver	40%		70%	
			mi-saison	20%		70%	
			été	40%		70%	

Figure 43-2 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store vénitien et pour les usages de la famille « hôpitaux-nuit »

Première protection mobile de type store vénitien				AUTRES USAGES			
				jour		nuit	PM2
				Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv		
				Rprot	Rprot	Rprot	Ecl2
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle	hiver mi-saison été	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver	20%	60%	20%	200 000
			mi-saison	10%	40%	10%	200 000
			été	20%	70%	20%	200 000
	inoccupation	gestion manuelle	hiver	40%		40%	
			mi-saison	20%		20%	
			été	40%		40%	

Figure 43-3 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type store vénitien et pour les usages de la famille « autres usages »

5.9.3.3.2 Cas de la gestion automatique

Les matrices conventionnelles en gestion automatique ont été définies pour 2 familles, qui regroupent des usages considérés comme similaires du point de vue de la gestion des protections mobiles automatique :

- Famille « *habitation, hôtellerie et hébergement* », telle que définie pour la gestion manuelle et qui comprend les usages résidentiels
- Famille « *tertiaire* » regroupant les autres usages n'appartenant pas à la famille d'usages précédente

Les tableaux suivants correspondent aux matrices conventionnelles de gestion automatique pour ces 2 familles d'usages, pour 2 regroupements de types de protections mobiles (« volet ou store enroulable » et « store vénitien ») et pour les protections mobiles principales et secondaires.

Résidentiel (volets, stores enroulables)			Jour				Nuit	
			Etp** < Eclim_auto		Etp** >= Eclim_auto			
			Toph-1limh_auto < $\theta_{op\_fin}(h-1)$	$\theta_{op\_fin}(h-1) < \text{Toph-1limb\_auto}$	Toph-1limh_auto < $\theta_{op\_fin}(h-1)$	$\theta_{op\_fin}(h-1) < \text{Toph-1limb\_auto}$	Toph-1limh_auto < $\theta_{op\_fin}(h-1)$	$\theta_{op\_fin}(h-1) < \text{Toph-1limb\_auto}$
			Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot
Gestion automatique	Occupation	hiver	0%	0%	0%	0%	100%	100%
		mi-saison	0%	0%	50%	0%	100%	100%
		été	50%	0%	100%	75%	50%	90%
	Inoccupation	hiver	0%	0%	0%	0%	100%	100%
		mi-saison	0%	0%	50%	0%	100%	100%
		été	100%	75%	100%	75%	50%	50%

Figure 44 : Matrice conventionnelle de gestion automatique pour les PM1 de type stores enroulables et volets en « *habitation, hôtellerie et hébergement* »

Tertiaire (volets, stores enroulables)			Jour				Nuit	
			Etp** < Eclim_auto		Etp** >= Eclim_auto			
			Toph-1limh_auto < $\theta_{op\_fin}(h-1)$	$\theta_{op\_fin}(h-1) < \text{Toph-1limb\_auto}$	Toph-1limh_auto < $\theta_{op\_fin}(h-1)$	$\theta_{op\_fin}(h-1) < \text{Toph-1limb\_auto}$	Toph-1limh_auto < $\theta_{op\_fin}(h-1)$	$\theta_{op\_fin}(h-1) < \text{Toph-1limb\_auto}$
			Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot	Rprot
Gestion automatique	Occupation	hiver	0%	0%	0%	0%	100%	100%
		mi-saison	0%	0%	50%	0%	100%	100%
		été	50%	0%	100%	75%	0%	0%
	Inoccupation	hiver	0%	0%	0%	0%	100%	100%
		mi-saison	0%	0%	50%	0%	100%	100%
		été	100%	75%	100%	75%	0%	0%

Figure 45 : Matrice conventionnelle de gestion automatique pour les PM1 de type stores enroulables et volets en tertiaire

Résidentiel (Stores vénitiens)			Jour		Nuit
			Etp** < Eclim_auto_sv		
			Rprot	Rprot	Rprot
Gestion automatique	Occupation	hiver	0%	0%	100%
		mi-saison	0%	50%	100%
		été	100%	100%	50%
	Inoccupation	hiver	0%	0%	100%
		mi-saison	0%	50%	100%
		été	100%	100%	50%

Figure 46 : Matrice conventionnelle de gestion automatique pour les PM1 de type stores vénitiens en « habitation, hôtellerie et hébergement »

Tertiaire (Stores vénitiens)			Jour		Nuit
			Etp** < Eclim_auto_sv		Etp** >= Eclim_auto_sv
			Rprot	Rprot	Rprot
Gestion automatique	Occupation	hiver	0%	0%	100%
		mi-saison	0%	50%	100%
		été	100%	100%	0%
	inoccupation	hiver	0%	0%	100%
		mi-saison	0%	50%	100%
		été	100%	100%	0%

Figure 47 : Matrice conventionnelle de gestion automatique pour les PM1 de type stores vénitiens en tertiaire

5.9.3.4 Calcul des ratios de fermeture de la première PM dans Th-BC

Les ratios de fermeture de la première protection mobile $R_{prot1_{partGPM}}$ et $R_{prot1_{1-partGPM}}$ sont calculés à chaque pas de temps.

Ces ratios de fermeture se calculent à partir des données stockées dans les matrices et dépendent de nombreux paramètres d'entrée :

- pour une gestion manuelle, les ratios de fermeture dépendent du type de protection mobile (*type-PM*), du type de gestion de la protection mobile (*type-GPM* et *type-GPM-sv*), du critère *Jour/nuit*, de la présence ou non d'une seconde protection mobile, de la saison, de la vitesse du vent corrigée et de la température maximale du jour précédent.
- pour une gestion automatique, les ratios de fermeture dépendent du critère *Jour/nuit*, de l'éclairement global incident, de la température opérative moyenne du pas de temps considéré, de l'occupation du groupe, de la vitesse du vent et de la saison.

5.9.3.4.1.1 Pour les PM1 de type volet (Type-PM=1) Pour la gestion automatique (type-GPM=1)

$R_{prot1_{partGPM}}$ est déterminé en gestion manuelle par dérogation (idem. §0) alors que $R_{prot1_{1-partGPM}}$ est déterminé en gestion automatique.

Matrice M_Rprot1_auto		jour				nuit	
		Etp* < Eclim_auto		Etp* ≥ Eclim_auto			
		Toph-1limh < 0op,fin	Toph-1limh < 0op,fin	Toph-1limh < 0op,fin	Toph-1limh < 0op,fin	Toph-1limh < 0op,fin	Toph-1limh < 0op,fin
		0op,fin	0op,fin	0op,fin	0op,fin	0op,fin	0op,fin
		Rprot1_auto					
groupe en occupation	hiver						
	mi-saison						
	été						
groupe en inoccupation	hiver						
	mi-saison						
	été						

Figure 48 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type volet, en gestion automatique

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone}=vrai$),
 - si *Jour*=vrai et si *PM2*=faux,
 - si $Etp^{**} \geq Eclman$

$$R_{prot1_{partGPM,b}}=1$$

- si $Etp^{**} < Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot0 + (1 - Rprot0) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman}$$

avec $\begin{cases} Rprot0 = Rprot1\_manu\_occ0\_v(type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1\_manu\_occ1\_v(type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj - 1_{max}) \end{cases}$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1\_manu\_occ\_v[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1_{max})$$

Et, dans tous les cas,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_auto (Jour, Etp^{**}, \theta_{op, fin}, i_{occ\_zone}, saison\_GPM)$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}=faux$),

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0 \quad (187)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_auto (Jour, Etp^{**}, \theta_{op, fin}, i_{occ\_zone}, saison\_GPM)$$

5.9.3.4.1.2 Pour la gestion manuelle (type-GPM=2 ou 3)

$Rprot1_{partGPM,b}$ (locaux occupés) est déterminé en gestion manuelle en occupation alors que $Rprot1_{1-partGPM,b}$ (locaux inoccupés) est déterminé en gestion manuelle en inoccupation.

Leurs calculs se font à partir des données stockées dans les matrices suivantes :

Matrice M_Rprot1_manu_occ_v[z]			jour		nuit			
			sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)		tous les cas	
			Rprot1_manu_occ0_v	Ecl1_manu_occ1_v	Rprot1_manu_occ_v	Rprot1_manu_occ_v		
gestion manuelle non motorisée	groupe en occupation	hiver						
		mi-saison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						
gestion manuelle motorisée		hiver						
		misaison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						
dérogation sans détecteur de présence		hiver						
		mi-saison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						
dérogation avec détecteur de présence		hiver						
		mi-saison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						

Figure 49 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type volet, en gestion manuelle et en occupation

Matrice M_Rprot1_manu_inocc_v[z]			jour		nuit
			sans 2nde protection	avec 2nde protection (mise en place ou non)	tous les cas
			Rprot1_manu_inocc_v		
gestion manuelle non motorisée	groupe en inoccupation	hiver			
		misaison			
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu			
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_ma			
gestion manuelle motorisée		hiver			
		misaison			
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu			
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_ma			

Figure 50 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type volet, en gestion manuelle et en inoccupation

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone}=vrai$),
 - si Jour=vrai et si PM2=faux,
 - si $Etp^{**} \geq Eclman$
 $Rprot1_{partGPM,b}=1$
 - si $Etp^{**} < Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot0 + (1 - Rprot0) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman}$$

$$avec \begin{cases} Rprot0 = Rprot1\_manu\_occ0\_v(type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1\_manu\_occ1\_v(type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj - 1_{max}) \end{cases} \quad (188)$$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1\_manu\_occ\_v[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1_{max})$$

Et, dans tous les cas,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_manu\_inocc\_v[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1_{max})$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}=faux$),

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0 \quad (189)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_manu\_inocc\_v[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1_{max})$$

5.9.3.4.2 Pour les PM1 de type store enroulable (type-PM=2)

5.9.3.4.2.1 Pour la gestion automatique (type-GPM=1)

$Rprot1_{partGPM}$ est déterminé en gestion manuelle par dérogation alors que $Rprot1_{1-partGPM}$ est déterminé en gestion automatique.

Les Rprot en gestion automatique sont calculés à partir du tableau ci-dessous.

Matrice M_Rprot1_auto		jour				nuit	
		Etp* < Eclim_auto		Etp* ≥ Eclim_auto			
		Toph-1limh < θ _{op,fin}	θ _{op,fin} < Toph-1limb	Toph-1limh < θ _{op,fin}	θ _{op,fin} < Toph-1limb	Toph-1limh < θ _{op,fin}	θ _{op,fin} < Toph-1limb
		Rprot1_auto					
groupe en occupation	hiver						
	mi-saison						
	été						
groupe en inoccupation	hiver						
	mi-saison						
	été						

Figure 51 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type volet, en gestion automatique

La suite des calculs fait intervenir la notion de vitesse limite de vent. Pour une vitesse de vent réelle supérieure à cette limite (cette dernière étant fixée conventionnellement pour les stores enroulables), les protections mobiles – quand elles sont situées à l'extérieur – seront remontées ($Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$).

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone} = \text{vrai}$),
 - Si $v_{vent\_c} \geq Vventlim\_manu\_se$ et $Prot\_ext = \text{vrai}$,

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- Sinon

- si $Jour = \text{vrai}$ et si $PM2 = \text{faux}$,

- si $Etp^{**} \geq Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = 1$$

- si $Etp^{**} < Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot0 + (1 - Rprot0) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman}$$

$$\text{avec } \begin{cases} Rprot0 = Rprot1\_manu\_occ0\_se(\text{type-GPM-manu}, \text{saizon\_GPM}, Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1\_manu\_occ1\_se(\text{type-GPM-manu}, \text{saizon\_GPM}, Topj - 1_{max}) \end{cases} \quad (190)$$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1\_manu\_occ\_se[z] \text{ (jour, PM2, type-GPM-manu, saizon\_GPM, Topj-1}_{max})$$

Et, dans tous les cas,

- Si $v_{vent\_c} \geq Vventlim\_auto$ et $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_auto (Jour, Etp^{**}, \theta_{op,fin}, i_{occ\_zone}, saizon\_GPM)$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone} = \text{faux}$),

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- Si $v_{vent\_c} \geq Vventlim\_auto$ et $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$(191)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_auto (Jour, Etp^{**}, \theta_{op,fin}, i_{occ\_zone}, \\ saison\_GPM)$$

5.9.3.4.2.2 Pour la gestion manuelle (type-GPM=2 ou 3)

$R_{prot1_{partGPM}}$ (locaux occupés) est déterminé en gestion manuelle en occupation alors que $R_{prot1_{partGPM}}$ (locaux inoccupés) est déterminé en gestion manuelle en inoccupation. Leurs calculs se font à partir des données stockées dans les matrices suivantes :

Matrice M_Rprot1_manu_occ_se[z]			jour		nuit			
			sans 2nde protection		avec 2nde protection (mise en place ou non)		tous les cas	
			Rprot1_manu_occ0_se	Ecl1_manu_occ1_se	Rprot1_manu_occ_se	Rprot1_manu_occ_se		
gestion manuelle non motorisée	groupe en occupation	hiver						
		mi-saison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						
gestion manuelle motorisée		hiver						
		misaison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						
dérogation sans détecteur de présence		hiver						
		mi-saison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						
dérogation avec détecteur de présence		hiver						
		mi-saison						
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu						
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_manu						

Figure 52 : matrice pour calculer le R_{prot} des PM1 de type store enroulable, en gestion manuelle et en occupation

Matrice M_Rprot1_manu_inocc_se[z]			jour		nuit
			sans 2nde protection	avec 2nde protection (mise en place ou non)	tous les cas
			Rprot1_manu_inocc_se		
gestion manuelle non motorisée	groupe en inoccupation	hiver			
		misaison			
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu			
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_ma			
gestion manuelle motorisée		hiver			
		misaison			
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu			
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_ma			

Figure 53 : matrice pour calculer le R_{prot} des PM1 de type store enroulable, en gestion manuelle et en inoccupation

De même que précédemment, si la vitesse de vent dépasse le seuil limite conventionnel, les stores enroulables seront relevés.

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone}=\text{vrai}$),
 - Si $V_{vent\_c} \geq V_{ventlim\_manu\_se}$ et $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$R_{prot1_{partGPM,b}} = 0$$

$$R_{prot1_{1-partGPM,b}} = 0 \quad (192)$$

- sinon
 - si $Jour=\text{vrai}$ et si $PM2=\text{faux}$,

$$\text{si } Etp^{**} \geq Eclman$$

$$R_{prot1_{partGPM,b}} = 1$$

- si $Etp^{**} < Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot0 + (1 - Rprot0) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman}$$

avec $\begin{cases} Rprot0 = Rprot1_{manu\_occ0\_se}(type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1_{manu\_occ1\_se}(type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj - 1_{max}) \end{cases}$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1_{manu\_occ\_se}[z] \text{ (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1}_{max})$$

Et, dans tous les cas,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_{manu\_inocc\_se}[z] \text{ (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1}_{max})$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone} = \text{faux}$)

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0 \quad (193)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_{manu\_inocc\_se}[z] \text{ (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison\_GPM, Topj-1}_{max})$$

5.9.3.4.3 Pour les PM1 de type store vénitien (type-PM=3)

5.9.3.4.3.1 Si la gestion est automatique (type-GPM-sv=1 ou type-GPM-sv=3)

$Rprot1_{partGPM}$ est déterminé en gestion manuelle (équivalent à de la dérogation) alors que $Rprot1_{1-partGPM}$ est déterminé en gestion automatique.

Les Rprot en gestion automatique sont calculés à partir du tableau ci-dessous.

matrice M_Rprot1_auto_sv		jour		nuit
		Etp** < Eclim_auto_sv	Etp** ≥ Eclim_auto_sv	
		Rprot1_auto_occ_sv		
groupe en occupation	hiver			
	mi-saison			
	été			
		Rprot1_auto_inocc_sv		
groupe en inoccupation	hiver			
	mi-saison			
	été			

Figure 54 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type store vénitien en gestion automatique

Un seuil limite pour le vent (dont la valeur est propre aux stores vénitiens) permet de prendre en compte les contraintes structurelles.

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone} = \text{vrai}$),

$$\text{Si } v_{vent\_c} \geq Vventlim\_manu\_sv \text{ et } Prot_{ext} = \text{vrai}, \quad (194)$$

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1\_manu\_occ\_sv[z] \text{ (Jour, Etp**, saison\_GPM)}$$

- Si $V_{vent\_c} \geq Vventlim\_auto\_sv$ et $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_auto\_occ\_sv \text{ (Jour, Etp**, saison\_GPM)}$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone} = \text{faux}$)

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- si $V_{vent\_c} \geq Vventlim\_auto\_sv$ et $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

(195)

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_auto\_inocc\_sv \text{ (Jour, saison\_GPM)}$$

5.9.3.4.3.2 Si la gestion est manuelle (type-GPM-sv=2)

$Rprot1_{partGPM}$ (locaux occupés) est déterminé en gestion manuelle en occupation alors que $Rprot1_{1-partGPM}$ (locaux inoccupés) est déterminé en gestion manuelle en inoccupation. Leurs valeurs sont stockées dans la matrice suivante :

matrice M_Rprot1_manu_sv[z]		jour		nuit
		Etp** < Eclim_manu_sv	Etp** ≥ Eclim_manu_sv	
		Rprot1_manu_occ_sv		
groupe en occupation	hiver			
	mi-saison			
	été			
		Rprot1_manu_inocc_sv		
groupe en inoccupation	hiver			
	mi-saison			
	été			

Figure 55 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type store vénitien en gestion manuelle

Un seuil limite pour le vent (dont la valeur est propre aux stores vénitiens) permet de prendre en compte les contraintes structurelles.

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone} = \text{vrai}$),

- Si $V_{vent\_c} \geq Vventlim\_manu\_sv$ et $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

(196)

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1\_manu\_occ\_sv[z] (Jour, Etp^{**}, saison\_GPM)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_manu\_inocc\_sv[z] (Jour, saison\_GPM)$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}=faux$)

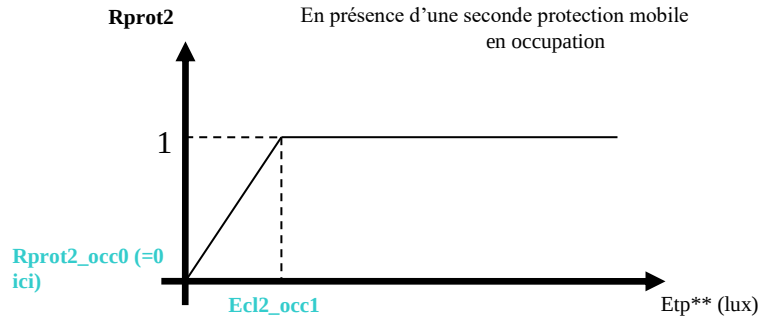
$$Rprot1_{partGPM,b} = 0 \quad (197)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1\_manu\_inocc\_sv[z] (Jour, saison\_GPM)$$

5.9.3.5 Calcul des ratios de fermeture de la seconde PM dans Th-BC

Une seconde protection mobile (ayant pour seule fonction celle d'anti-éblouissement) peut venir suppléer la première. Par hypothèse, elle n'a un impact que sur les éclairements transmis au groupe. Sa gestion est manuelle. Son ratio de fermeture $Rprot2,b$ est calculé dans les locaux occupés, pour la partie de la baie sur laquelle la première protection mobile n'est pas mise en place.

En présence d'une seconde protection mobile ($PM2=vrai$), $Rprot2,b$ se calcule à chaque pas de temps de la manière suivante



C'est-à-dire,

- En période d'occupation ($i_{occ\_zone}=vrai$),
 - si $Etp^{**} < Ecl2\_occ1$

$$Rprot2,b = Rprot2_{occ0} + (1 - Rprot2_{occ0}) \cdot \frac{Etp^{**}}{Ecl2_{occ1}}$$

- si $Etp^{**} \geq Ecl2\_occ1$

$$Rprot2,b = 1$$

(198)

Avec

- $Rprot2_{occ0} = 0$ (conventionnellement)
- $Ecl2\_occ1 = Ecl2\_occ1\_v$ si la première protection mobile est de type volet ($type-PM=1$)
- $Ecl2\_occ1 = Ecl2\_occ1\_se$ si la première protection mobile est de type store enroulable ($type-PM=2$)
- $Ecl2\_occ1 = Ecl2\_occ1\_sv$ si la première protection mobile est de type

store vénitien (*type-PM=3*)

Les valeurs de *Ecl2_occ1_v*, *Ecl2_occ1_se* et de *Ecl2_occ1_sv* (dépendant du type de gestion, de la zone et de la saison) sont stockées dans les matrices suivantes :

matrice M_Ecl2_occ1_v[z]		jour
		Ecl2_occ1_v
gestion manuelle non motorisée	hiver	
	mi-saison	
	été	
gestion manuelle motorisée	hiver	
	mi-saison	
	été	
dérogation	hiver	
	mi-saison	
	été	

Figure 56 : matrice pour calculer le seuil d'éclairement de PM2 lorsque PM1 est de type volet

matrice M_Ecl2_occ1_se[z]		jour
		Ecl2_occ1_se
gestion manuelle non motorisée	hiver	
	mi-saison	
	été	
gestion manuelle motorisée	hiver	
	mi-saison	
	été	
dérogation	hiver	
	mi-saison	
	été	

Figure 57 : matrice pour calculer le seuil d'éclairement de PM2 lorsque PM1 est de type store enroulable

matrice M_Ecl2_occ1_sv[z]		jour
		Ecl2_occ1_sv
gestion suntracking (type-GPM-sv=1)	hiver	
	mi-saison	
	été	
gestion manuelle (type-GPM-sv=2)	hiver	
	mi-saison	
	été	
gestion automatique 45° (type-GPM-sv=3)	hiver	
	mi-saison	
	été	

Figure 58 : matrice pour calculer le seuil d'éclairement de PM2 lorsque PM1 est de type store vénitien

- En période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}=faux$), par convention, la seconde protection mobile n'est pas descendue : (199)

$$R_{prot2,b}=0$$

2) S'il n'y a pas de seconde protection mobile ($PM2=faux$),

$$R_{prot2,b}= 0 \quad (200)$$

5.9.3.6 Calcul des ratios de fermeture des PM dans Th-D

Le calcul des ratios de fermeture reprend sensiblement le même principe que celui décrit pour les modes Th_BC (cf §5.9.3.3.2 et §5.9.3.5), à la différence près qu'en saison de confort adaptatif, une nouvelle ligne spécifique au mode Th_D est utilisée dans les matrices Th_BC lorsque $Topj-1_{max}$ est supérieure à $Topj-1lim\_manu$ (pour rappel cette valeur est fixée conventionnellement à 26,5°C). Dans ce cas, seules les valeurs $Rprot0$ sont modifiées, les seuils d'éclairement sont conservés. Il est également supposé dans ces conditions extrêmes, $Topj-1_{max}$ est supérieure à $Topj-1lim\_manu$, la PM2, si elle est présente, est désactivée, celle-ci influant seulement sur l'éblouissement et non le confort thermique calculé dans ce mode.

La variable Is_PM2_active est calculée de la manière suivante :

Si $Is_{conf\_adapt}=1$

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim\_manu$

$Is\_PM2\_active = 0$

Sinon

(201)

$Is\_PM2\_active = PM2$

Sinon

$Is\_PM2\_active = PM2$

Le Tableau 34 détaille l'ensemble des valeurs de $Rprot0$ admissible en mode Th_D lorsque $Topj-1_{max}$ est supérieure à $Topj-1lim\_manu$. Ces valeurs ont été définies de sorte de respecter les hypothèses suivantes :

- ratio de fermeture adaptés à l'évaluation du confort d'été
- conservation des différences entre modes de gestion
- favoriser la surventilation nocturne sans négliger les critères de sécurité
- réduire les apports solaires en inoccupation
- Pas d'impact du détecteur de présence

L'algorithme de calcul est alors le suivant

Si $Is_{conf\_adapt}=0$ (hors période de confort adaptatif) (202)

Mêmes valeurs qu'au paragraphe 5.9.3.3.2.

Si $Is_{conf\_adapt}=1$ (en période de confort adaptatif)

Si Type-PM=1 (volets)

Si $Topj-1_{max} < Topj-1lim\_manu\_v[z]$ (203)

Mêmes valeurs qu'au paragraphe 5.9.3.3.2.

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim\_manu\_v[z]$

(voir coeff. Tableau 34) et $R_{prot2,b}=0$

Si Type-PM=2 (stores enroulables)

Si $Topj-1_{max} < Topj-1lim\_manu\_se[z]$

Mêmes valeurs qu'au paragraphe 5.9.3.3.2. (204)

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim\_manu\_se[z]$

(voir coeff. Tableau 34) et $R_{prot2,b}=0$

Si Type-PM=3 (stores à lames orientables)

(205)

(voir coeff. Tableau 34)

Rappel : dans les règles Th-D et en période de confort adaptatif ($I_{sconf\_adapt}(h)=1$), les lames du store vénitien sont conventionnellement inclinées à 90°.

		Résidentiel	Bureaux	Enseignement	Restauration	Hôpitaux nuit	Autres
Volets	Rprot1_manu_occ0_v	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(70%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(60%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	70%
	Rprot1_manu_inocc_v	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	Si Type GPM=3 : =max(70%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(60%; valeur Th-BCE)	Si Type GPM=3 : =max(80%; valeur Th-BC) Si Type GPM≠3: =max(70%; valeur Th-BC)	60%
	Rprot1_manu_occ0_v (jour=nuit)	=min(70%; valeur Th-BC)	=min(50%; valeur Th-BC)	=min(50%; valeur Th-BC)	=min(70%; valeur Th-BC)	=min(50%; valeur Th-BC)	70%
	Rprot1_manu_inocc_v (jour=nuit)						
Stores enroulables	Rprot1_manu_occ0_se	Idem volets	Idem volets	Idem volets	Idem volets	Idem volets	Idem volets
	Rprot1_manu_inocc_se	Idem volets	Idem volets	Idem volets	Idem volets	Idem volets	Idem volets
	Rprot1_manu_occ0_se (jour=nuit)	50%	50%	50%	=min(70%; valeur Th-BC)	=min(50%; valeur Th-BC)	Idem volets
	Rprot1_manu_inocc_se (jour=nuit)						
Stores à lames	Rprot1_manu_occ_sv (Etp**≥ Eclim_manu_sv)	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	Rprot1_manu_inocc_sv (Etp**≥ Eclim_manu_sv)	70%	70%	70%	70%	70%	70%

Tableau 34 : ratio Rprot0 de la gestion des protections mobiles (GPM) en mode Th-D

5.10 C_BAT_Baie vitrée

5.10.1 INTRODUCTION

La baie transmet de la chaleur et de la lumière qui ont un impact sur la consommation d'énergie d'un bâtiment. La prise en compte coordonnée des effets thermiques et lumineux est nécessaire pour calculer de façon cohérente les consommations d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage. L'approche dynamique permet également de prendre en compte les baies et le cas échéant des systèmes de gestion et les automatismes qui lui sont associés. Typiquement, la mise en place de protections solaires a pour effet de réduire les apports solaires et donc de limiter les besoins de froid ou l'augmentation de la température intérieure. Cependant leur mise en place s'accompagne également d'une réduction des apports lumineux qui conduisent à une augmentation du recours à l'éclairage artificiel avec une double conséquence :

- Une augmentation directe de la consommation d'énergie pour faire fonctionner l'éclairage artificiel
- Une augmentation de la chaleur dissipée du fait du recours à l'éclairage artificiel et donc potentiellement une augmentation des besoins de froid ou une élévation de la température intérieure.

Dans la perspective de prendre en compte ces effets antagonistes, la méthode réglementaire évalue la quantité de chaleur qui pénètre dans le local -par transferts à travers les parois par rayonnement solaire, par le flux d'air par les baies ouvertes- et le niveau d'éclairement intérieur à partir du rayonnement incident sur la baie, l'efficacité lumineuse, les caractéristiques de la baies et les caractéristiques géométriques du local.

La méthode n'a pas vocation à estimer le confort visuel. Elle vise à estimer la durée d'utilisation de l'éclairage artificiel. Il s'agit d'évaluer une autonomie en éclairage. La méthode nécessite de distinguer la contribution des flux lumineux à l'éclairement naturel du local selon la nature du rayonnement (direct, diffus, réfléchi) et selon la position de la baie éclairée ou encore selon la capacité de la baie horizontale à éclairer de façon uniforme ou non. Ainsi il ne s'agit pas d'une baie physique mais d'un ensemble de baies contribuant de la même façon à l'éclairement d'un local. Les flux lumineux sont donc calculés selon leur nature et la position de la baie selon sa capacité à éclairer le plan de travail.

Ce chapitre décrit les paramètres d'une baie vitrée et les calculs effectués au niveau de la baie, à savoir :

- Calcul du coefficient de transmission thermique,
- Calcul des rayonnements solaires globaux transmis au groupe, à travers la baie vitrée et du rayonnement froid vers la voûte céleste,
- Calcul des flux lumineux transmis au groupe à travers la baie vitrée.

La possible installation de stores vénitiens en tant que protections mobiles impose de tenir compte de la hauteur du soleil et de la séparation en direct-diffus-réfléchi des flux solaires et lumineux incidents.

La baie joue un rôle majeur sur le bilan thermo-aéraulique de l'ambiance et sur la lumière naturelle. La méthode utilisée ici simplifie les transferts de chaleur de manière à regrouper les espaces qui sont soumis aux mêmes sollicitations thermiques et aérauliques. Or ce regroupement homogène sur le domaine de la thermique n'est pas toujours en adéquation avec l'homogénéité de l'ambiance lumineuse. Dès lors il est nécessaire d'associer la baie à l'espace qu'elle contribue à éclairer. Rigoureusement il conviendrait d'affecter chaque baie à au local qu'elle contribue à éclairer. Compte tenu des hypothèses réalisées sur les caractéristiques des parois internes et des facteurs de forme entre ces parois, seule l'affectation à un grand volume ou à un volume « normal » est nécessaire. Pour les grands volumes il est par ailleurs nécessaire de savoir si les éclairants de toiture contribue

à éclairer le local de façon uniforme ou non.

Dès lors trois types de baie existent pour l'éclairage naturel intérieur. Les différents types correspondent aux situations suivantes :

- Si la baie appartient à un volume « normal », en opposition au grand volume, alors elle est de type 1 ou encore de type VN.
- Si la baie appartient à un grand volume, il faut distinguer les cas suivants :
 - o Si la baie est horizontale et contribue à éclairer de façon uniforme le grand volume elle est considérée de type 2 ou encore de type GVU.
 - o Les autres baies du grand volume sont de type 0 ou encore de type GV

Les variables Flt1, Flt2 et Flt3 sont les flux lumineux transmis par chaque baie selon ses caractéristiques intrinsèques (surface, taux de transmission lumineuse sous forme directe ou diffuse), ses caractéristiques relatives (orientation, inclinaison, présence de masques proches et lointains), les données climatiques calculées à chaque pas de temps et l'impact de la gestion ou des comportements qui viennent modifier la position des protections solaires et l'ouverture des baies.

Flt1 est relatif au rayonnement direct incident sur la baie, Flt2 est relatif au rayonnement diffus en direction du sol arrivant sur la baie et Flt3 est relatif au rayonnement diffus en direction du ciel arrivant sur la baie.

5.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 35 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de baie vitrée.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Env. Proche	Drp^*	Rayonnement direct incident	W/m ²			
	Dfp^*	Rayonnement diffus incident	W/m ²			
	Rrp^*	Rayonnement réfléchi incident	W/m ²			
	Erp^*	Eclairement direct incident	lux			
	Efp^*	Eclairement diffus incident	lux			
	$Errp^*$	Eclairement réfléchi incident	lux			
Espaces tampons	$b_{therm,i,b}$	Coefficient de réduction des déperditions thermique dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-			
	$b_{ecl,i,b}$	Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-			
	$b_{solaire,i,b}$	Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon i sur la baie vitrée b	-			
	Id_{ET}	Indicateur de présence d'un espace tampon sur la baie vitrée b (0-pas d'espace tampon / 1-présence d'un espace tampon)	-			
Gestion des PM	$part_{GPM}$	Pourcentage de la surface des baies appartenant aux locaux réellement occupés d'un groupe en période d'occupation	-			
	$Rprot1_{partGPM,b}$	Position de la première protection mobile lorsque la baie vitrée b appartient au pourcentage «partGPM » des baies du groupe (0 – ouverte, 1 – fermée)	-			
	$Rprot1_{partGPM,b}$	Position de la première protection mobile lorsque la baie vitrée b appartient au pourcentage « 1-partGPM » des baies du groupe (0 – ouverte, 1 – fermée)	-			
	$Rprot2,b$	Position de la seconde protection mobile de la baie vitrée b (0 – ouverte, 1 – fermée)	-			
Météo	γ'	Hauteur du soleil corrigée	°			
	Q_{er}^*	Densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi	W/m ²			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	b	Indice indiquant qu'il s'agit de la baie vitrée b	-	-	-	-
	$U_{sp,vert,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée verticale b sans protection mobile en place	W/m ² K	0	$+\infty$	-
	$U_{sp,horiz,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée horizontale b sans protection mobile en place	W/m ² K	0	$+\infty$	-
	$U_{ap,vert,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée verticale b avec protection mobile en place	W/m ² K	0	$+\infty$	-
	$U_{ap,horiz,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée horizontale b avec protection mobile en place	W/m ² K	0	$+\infty$	-
Pour la baie sans protections mobiles en place						
	$Sw1_{sp-c,b}$	Facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b sans protections mobiles en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-

$Sw2_{sp-c,b}$	Facteur solaire, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b sans protections mobiles en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{sp-c,b}$	Facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b sans protections mobiles en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{sp-e,b}$	Facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b sans protections mobiles en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{sp-e,b}$	Facteur solaire, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b sans protections mobiles en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{sp-e,b}$	Facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b sans protections mobiles en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Tli_{sp,b}$	Facteur de transmission lumineuse global de la baie vitrée b sans protections mobiles en place (=TId _{sp,b})	-	0	1	-
$Tlid_{sp,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme diffuse de la baie vitrée b sans protections mobiles en place	-	0	1	-
Pour les baies avec PM de type volets ou stores enroulables en place					
$Sw1_{ap-c,b}$	Facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap-c,b}$	Facteur solaire, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{ap-c,b}$	Facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap-e,b}$	Facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{ap-e,b}$	Facteur solaire, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap-e,b}$	Facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Tli_{ap,b}$	Facteur de transmission lumineuse global de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tlid_{ap,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux lumineux incident direct transmis sous forme diffuse de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
Pour les baies avec protections mobiles de type stores vénitiens en place					
M_Sw_BC	Matrice des facteurs solaires dans le cas général pour les stores vénitiens pour le calcul des consommations	-	-	-	-
M_Sw_E	Matrice des facteurs solaires dans le cas général pour les stores vénitiens, pour le calcul de confort d'été	-	-	-	-
M_TI_BC E	Matrice des facteurs de transmission lumineuse pour les stores vénitiens dans le cas général	-	-	-	-
$M\_suntrac$ $king\_Sw\_BC$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-BC si la gestion est suntracking	-	-	-	-
$M\_suntrac$ $king\_Sw\_E$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-D si la gestion est suntracking	-	-	-	-

$M_{suntracking\_TI\_BCE}$	Matrice des facteurs de transmission lumineuse pour les stores vénitiens, pour les règles Th-BCE si la gestion est suntracking	-	-	-	-
$M_{fixe\_Sw\_BC}$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-BC si la gestion est « position fixe »	-	-	-	-
$M_{fixe\_Sw\_E}$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-D si la gestion est « position fixe »	-	-	-	-
$M_{fixe\_TI\_BCE}$	Matrice des facteurs de transmission lumineuse pour les stores vénitiens, pour les règles Th-BCE si la gestion est « position fixe »	-	-	-	-
$Sw1_{ap\_dir-c,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_dif-c,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_ref-c,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_dir-e,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_dif-e,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_ref-e,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dir-c,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dif-c,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_ref-c,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dir-e,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données, pour le calcul de DH	-	0	1	-

$Sw2_{ap\_dif-e,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_ref-e,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dir-c,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dif-c,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_ref-c,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dir-e,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dif-e,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_ref-e,b}(\alpha_{SV})$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Tli_{ap\_dir,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident direct de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données.	-	0	1	-
$Tlid_{ap\_dir,b}(\alpha_{SV}, \gamma')$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme diffuse pour la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une hauteur du soleil γ et une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} données.	-	0	1	-
$Tlid_{ap\_dif,b}(\alpha_{SV})$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident diffus de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée.	-	0	1	-
$Tlid_{ap\_ref,b}(\alpha_{SV})$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident réfléchi de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée.	-	0	1	-
$Tlid_{ap\_ref,b}(\alpha_{SV})$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident réfléchi transmis sous forme diffuse de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour une inclinaison des lames du store vénitien α_{SV} donnée.	-	0	1	-

Pour la baie avec l'éventuelle seconde protection mobile					
$Tli2,b$	Facteur de transmission lumineuse global de la baie vitrée b avec la seconde protection mobile en place	-	0	1	0.1
$Tlid2,b$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme diffuse de la baie vitrée b avec la seconde protection mobile en place	-	0	1	0.1

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A_b	Surface de la baie vitrée b	m ²	0	+∞	-
α_b	Orientation de la baie d'indice b , sous forme d'angle en ° (0° pour le sud, 90° l'ouest, 270° l'est, et 180° le nord).	°	0	360	-
β_b	Inclinaison de la baie vitrée b (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°	0°	90°	-
Type-PM	Type de protection mobile 1 (0-pas de PM / 1-volet / 2-store enroulable / 3-store vénitien)	-	0	3	-
Type-GPM	Type de gestion de la première protection mobile de type volets ou stores enroulables (=1 si automatique avec dérogation, =2 si gestion manuelle non motorisée, =3 si gestion manuelle motorisée)	-	1	3	-
Type-GPM-sv	Type de gestion de la première protection mobile de type stores vénitiens (=1 si gestion sun-tracking, =2 si gestion manuelle-position fixe des lames, =3 si gestion automatique 45°)	-	1	3	-
PM2	Présence d'une seconde protection mobile	bool	faux	vrai	-
loc_occ_pass	Position de la baie dans son local (= 0 si la baie dans local à occupation passagère / = 1 si la baie est hors local à occupation passagère).	-	0	1	-
Type_baie	Nature des baies : - 0 : baie verticale affectée à un grand volume ou horizontale affectée à un grand volume mais qui n'est pas éclairé de façon uniforme - 1 : baie horizontale affectée à un grand volume et répartie de façon de manière à éclairer le grand volume de façon uniforme - 2 : baie affectée à un volume normal	-	0	2	-
Type_volume	0 : grand volume 1 : volume autre				

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Rprot,b$	Ratio de protection de la baie vitrée b	-	0	1	-
$U_{sp,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée b sans protections mobiles en place	W/m ² K	0	+∞	-
$U_{ap,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée b avec première protection mobile en place	W/m ² K	0	+∞	-
$SW_{sp-c,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée b sans protections mobiles en place pour le calcul du Cep	-	0	1	-
$SW_{sp-e,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée b sans protections mobiles en place pour le calcul de DH	-	0	1	-
$SW_{ap-c,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée b avec protection mobile en place pour le calcul du Cep	-	0	1	-
$SW_{ap-e,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée b avec première protection mobile en place pour le calcul de DH	-	0	1	-

$Tld_{sp,b}$	Facteur de transmission lumineuse global de la baie vitrée b sans protections mobiles en place ($=Tl_{sp,b}$) pour l'éclairement incident diffus.	-	0	1	-
α_{SV}	Inclinaison des lames du store vénitien (0° : lames horizontales ; 90° : lames verticales)	°	0	90°	-
Jeu de variables internes					
$Sw1_{ap\_dir-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_dif-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_ref-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_dir-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_dif-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw1_{ap\_ref-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dir-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dif-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_ref-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dir-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_dif-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw2_{ap\_ref-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dir-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dif-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la	-	0	1	-

	baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep				
$Sw3_{ap\_ref-c,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dir-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_dif-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Sw3_{ap\_ref-e,b}$	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de DH	-	0	1	-
$Tli_{ap\_dir,b}$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident direct de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tlid_{ap\_dir,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct sous forme diffuse de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tld_{ap\_dif,b}$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident diffus de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tld_{ap\_ref,b}$	Facteur de transmission lumineuse global du flux incident réfléchi de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tlid_{ap\_ref,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident réfléchi par le sol sous forme directe, transmis sous forme diffuse de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
Facteurs de transmission lumineuse calculés (direct en direct)					
$Tlii_{sp,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme directe de la baie vitrée b sans protections mobiles en place	-	0	1	-
$Tlii_{ap\_dir,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme directe de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tlii_{ap\_ref,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident réfléchi par le sol, transmis sous forme directe de la baie vitrée b avec protection mobile en place	-	0	1	-
$Tlii2_{,b}$	Facteur de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme directe de la baie vitrée b avec la seconde protection mobile en place	-	0	1	0

Sorties

Nom	Description	Unité
$I_{sr,b}^*$	Rayonnement solaire global atteignant la baie vitrée b	W/m ²
$Hg_{es,b}$	Facteur de transmission thermique global pour la baie vitrée b entre les environnements intérieurs et extérieurs	W/K
$FS_{1,b}$	Flux de chaleur transmis par la baie vitrée b au groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde	W
$FS_{2,b}$	Flux de chaleur transmis par la baie vitrée b au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif	W
$FS_{3,b}$	Flux de chaleur transmis par la baie vitrée b au groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se	W

	situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure)	
$F_{tvc,b}$	Flux transmis dû au rayonnement froid vers la voute céleste	W
$Fl_{1,b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b , sous forme directe, l'indice n fait référence au type de la baie, il prend la valeur 0, 1 ou 2.	lumen
$Fl_{2,b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme diffuse l'indice n fait référence au type de la baie, il prend la valeur 0, 1 ou 2.	lumen
$Fl_{3,b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme réfléchie l'indice n fait référence au type de la baie, il prend la valeur 0, 1 ou 2.	lumen
$A_{ouvmax,b}$	Surface d'ouverture maximale de la baie b	m ²
α_b	Orientation de la baie d'indice b , sous forme d'angle en ° (0° pour le sud, 90° l'ouest, 270° l'est, et 180° le nord).	°

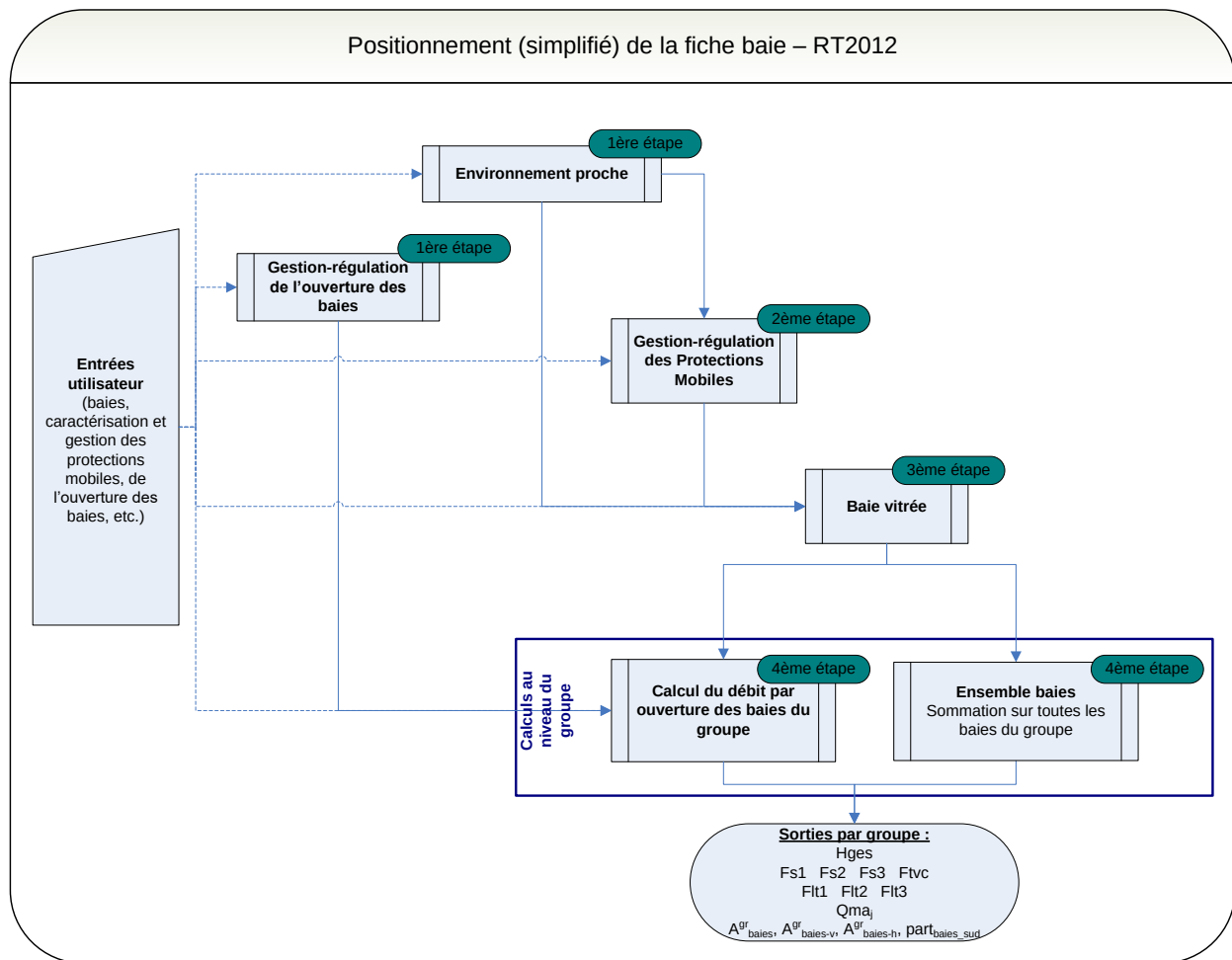
Constantes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
h_e	Coeff. d'échange global (convectif+radiatif) extérieur	W/m ² K	0	$+\infty$	25,0
β_1	Inclinaison de la baie vitrée b en-dessous de laquelle on considère la baie horizontale	°	-	-	30
β_2	Inclinaison de la baie vitrée b au-dessus de laquelle on considère la baie verticale	°	-	-	60
$R_{ouvmax,b}$	Ratio d'ouverture maximale de la baie vitrée b sur la surface totale en tableau	-	0	1	
$f_{lf,b}$	Facteur de perte solaire de la baie vitrée b	-	0	1	0

Tableau 35 : Nomenclature des différentes variables du modèle de baie vitrée

5.10.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

5.10.3.1 Structure des calculs



Dans la figure ci-dessus au niveau du groupe il existe 3 valeurs de Flt1, 3 valeurs de Flt2 et trois valeurs de Flt3, chaque valeur fait référence au type de baie. Cette indexation est indispensable pour le calcul de l'éclairement naturel au niveau du local.

5.10.3.2 Détermination du type de baie.

La nécessité de distinguer le type de baie n'est utile que pour les calculs des flux lumineux.

On regarde si le local est un grand volume ou non. Les locaux de grands volumes sont les suivants :

S'il s'agit d'une zone à usage d'industrie 3*8 ou 8 à 18h et que le local est une aire de production alors il s'agit d'un grand volume.

De même s'il s'agit d'une zone à usage **d'établissement sportif municipal ou scolaire ou d'établissement sportif privé** et que le local est une salle de sport alors il s'agit d'un grand volume.

S'il s'agit d'une zone à usage de commerces et que le local a une aire de vente alors il s'agit d'un grand volume.

Si le local est un grand volume alors Vol-local =1

On regarde ensuite si la baie a horizontale ou non.

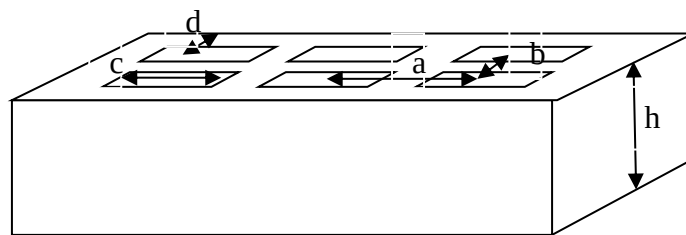
Si $\beta_b=0$ alors la baie est horizontale sinon c'est autre

Pour les baies horizontales affectées à un grand volume il convient de savoir si elles sont réparties de façon uniforme de manière à assurer un éclairage homogène au grand volume ou non. Pour que des baies horizontales, également appelées éclairants de toiture, soient dites uniformément réparties sur toute la toiture il faut que la distance entre deux éclairants soit inférieure à la hauteur du local (distance éclairant-sol) et que la distance entre les éclairants périphériques et la périphérie soit inférieure à la moitié de la hauteur du local. Les distances sont comptées à partir du centre des éclairants.

Dans le cas contraire les éclairants de toiture ne sont pas répartis uniformément.

Dans les locaux autres que de grand volume les éclairants de toiture sont considérés automatiquement non répartis uniformément.

Dans la figure suivante Les éclairants de toiture sont uniformément répartis si $a < h$; $b < h$; $c < h/2$ et $d < h/2$.



Si $\beta_b < 0$ alors la baie n'est pas horizontale. Pour celles affectées à un autre local que les grands volumes on lit la part de la baie située en dessous du plan de travail (*Part_baie_sous_plan*). Les baies affectées à un grand volume sont entièrement situées au-dessus du plan de travail car ce dernier est considéré au niveau du sol.

Chaque baie aura alors l'indice $b(n)$ pour chacune de ces caractéristiques avec $n=[0;2]$ selon le tableau suivant. La nécessité de faire des sommes différentes selon la valeur de n ne se justifie que pour le calcul de $Flt1$, $Flt2$ et $Flt3$. Dès lors dans la suite du chapitre seules les grandeurs qui interviennent dans ces valeurs sont affectées de l'indice n .

Volume	Grand			Normal	
Inclinaison de la baie	verticale	Horizontale		verticale	Horizontale
Répartition des baies	Sans objet	non uniformément	uniformément	Sans objet	Sans objet : non uniforme
Régression	Type 0 ou GV	Type 0 ou GV	Type 1 ou GVU	Type 2 ou VN	Type 2 ou VN

5.10.3.3 Calcul des rayonnements solaires globaux

Le rayonnement solaire global atteignant la baie vitrée b (avec ou sans protections mobiles) s'écrit :

$$I_{sr,b}^* = Drp_{,b}^* + Dfp_{,b}^* + Rrp_{,b}^* \quad (206)$$

5.10.3.4 Présence d'un espace tampon

Un espace tampon peut être accolé à la baie de surface totale Ab . Il est convenu que les baies vitrées ne peuvent donner que sur des espaces tampons vitrés.

La présence d'un espace tampon aura pour conséquence de modifier les flux solaire et lumineux incidents ainsi que les déperditions thermiques de la baie.

5.10.3.5 Calcul du coefficient de transfert thermique global

5.10.3.5.1 Calcul des coefficients de transfert thermique $U_{ap,b}$ et $U_{sp,b}$

Les coefficients de transmission thermique sans et avec protections mobiles ($U_{sp,b}$ et $U_{ap,b}$) sont calculés en tenant compte de l'inclinaison de la baie, sur le principe du schéma suivant

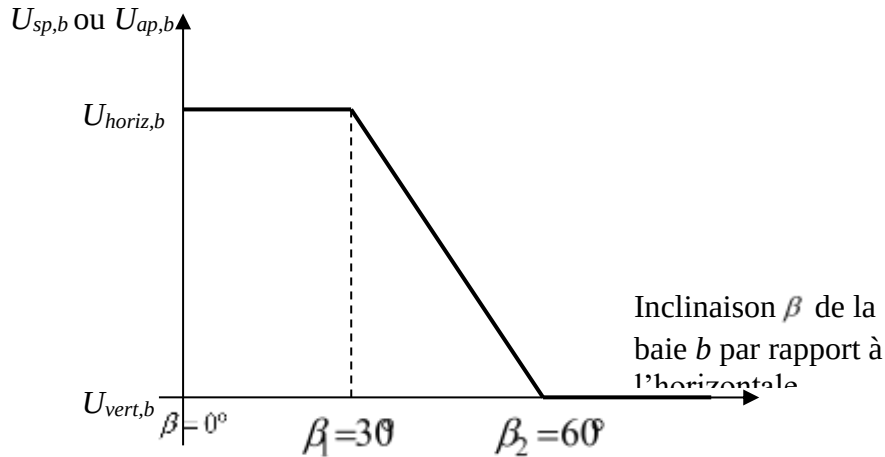


Figure 59 : Evolution du coefficient de transmission thermique de la baie en fonction de son inclinaison

Où β est l'angle, exprimé en degré, entre l'horizontale et le plan de la baie.

Autrement dit, pour la baie sans protections mobiles :

- si $0^\circ \leq \beta < \beta_1$, la baie est supposée horizontale

$$U_{sp,b} = U_{sp,horiz,b}$$

- si $\beta_1 \leq \beta < \beta_2$, le coefficient de transmission thermique $U_{sp,b}$ est calculé par interpolation linéaire entre la position horizontale et la position verticale

$$U_{sp,b}(\beta) = \frac{U_{sp,vert,b} - U_{sp,horiz,b}}{\beta_2 - \beta_1} \cdot \beta + \frac{\beta_2 \cdot U_{sp,horiz,b} - \beta_1 \cdot U_{sp,vert,b}}{\beta_2 - \beta_1} \quad (207)$$

- si $\beta_2 \leq \beta \leq 90^\circ$, la baie est supposée verticale

$$U_{sp,b} = U_{sp,vert,b}$$

Le principe est le même pour la baie avec protections mobiles :

- si $0^\circ \leq \beta < \beta_1$, la baie est supposée horizontale

$$U_{ap,b} = U_{ap,horiz,b}$$

- si $\beta_1 \leq \beta < \beta_2$, le coefficient de transmission thermique $U_{ap,b}$ est calculé par interpolation linéaire entre la position horizontale et la position verticale

$$U_{ap,b}(\beta) = \frac{U_{ap,vert,b} - U_{ap,horiz,b}}{\beta_2 - \beta_1} \cdot \beta + \frac{\beta_2 \cdot U_{ap,horiz,b} - \beta_1 \cdot U_{ap,vert,b}}{\beta_2 - \beta_1} \quad (208)$$

- si $\beta_2 \leq \beta \leq 90^\circ$, la baie est supposée verticale

$$U_{ap,b} = U_{ap,vert,b}$$

5.10.3.5.2 Calcul du coefficient H_{ges,b}

Le ratio de fermeture de la baie b par la première protection mobile s'exprime

- s'il n'y a pas de protection mobile ($type-PM=0$)

$$R_{prot1_{partGPM,b}} = R_{prot1_{1-partGPM,b}} = 0 \quad (209)$$

- s'il y a une protection mobile ($type-PM \neq 0$)

$$R_{prot1_b} = part_{GPM} \cdot R_{prot1_{partGPM,b}} + (1 - part_{GPM}) \cdot R_{prot1_{1-partGPM,b}}$$

Le coefficient de transfert thermique global pour la baie vitrée entre les environnements intérieur et extérieur, $H_{ges,b}$, est calculé de la manière suivante :

- si la gestion de la protection mobile est manuelle

C'est-à-dire si $type-GPM=2$ ou si $type-GPM=3$ ou si $type-GPM-sv=2$

$$H_{ges,b} = A_b \cdot b_{therm,b} \cdot \left((1 - R_{prot,b}) \cdot U_{sp,b} + (R_{prot,b}) \cdot U_{ap,b} \right) \quad (210)$$

- si la gestion de la protection mobile est automatique, (la gestion est soit automatique, soit en dérogation manuelle)

GROUPE APPARTENANT A UNE ZONE OCCUPEE

$Part_{GPM}$ - Gestion en dérogation manuelle - $R_{prot1_{Part\_GPM}}$	$(1-Part_{GPM})$ - Gestion automatique - $R_{prot1_{1-Part\_GPM}}$

C'est-à-dire si $type-GPM=1$ ou si $type-GPM-sv=1$ ou si $type-GPM-sv=3$,

- si $0 \leq R_{prot1_{1-partGPM,b}} < 1$

$$H_{ges,b} = A_b \cdot b_{therm,b} \cdot \left[\frac{part_{GPM} \cdot (R_{prot1_{partGPM,b}} \cdot U_{ap,b} + (1 - R_{prot1_{partGPM,b}}) \cdot U_{sp,b}) + (1 - part_{GPM}) \cdot U_{sp,b}}{(1 - part_{GPM}) \cdot U_{sp,b}} \right] \quad (211)$$

- si $R_{prot1_{1-partGPM,b}} = 1$,

$$H_{ges,b} = A_b \cdot b_{therm,b} \cdot \left[\frac{part_{GPM} \cdot (R_{prot1_{partGPM,b}} \cdot U_{ap,b} + (1 - R_{prot1_{partGPM,b}}) \cdot U_{sp,b}) + (1 - part_{GPM}) \cdot U_{ap,b}}{(1 - part_{GPM}) \cdot U_{ap,b}} \right]$$

Note : l'inclinaison de la baie n'a d'impact que sur le coefficient de transmission thermique. Pour la suite des calculs, on gardera la convention suivante : une paroi est dite verticale lorsque l'angle de

cette paroi avec le plan horizontal (β) est égal ou supérieur à 60 degrés, elle est dite horizontale lorsque cet angle est inférieur à 60 degrés.

Note2 : une orientation est attribuée aux parois horizontales afin de leur associer les masques lointains correspondants.

Note3 : en gestion manuelle, $R_{prot_{partGPM}}$ caractérise le pourcentage de protections mobiles entièrement descendues alors qu'en gestion automatique $R_{prot_{partGPM}}$ caractérise le pourcentage de la surface totale de baies couvertes.

5.10.3.6 Création d'un jeu de variables simplifiées

La création d'un jeu de variables internes, utilisé notamment pour le calcul des flux solaires et lumineux transmis au groupe, permet d'alléger les notations pour la partie de la baie avec protections mobiles en place.

5.10.3.6.1 Jeu de variables internes

La création d'un jeu de variables internes simplifiées (cf. ci-dessous, uniquement pour la partie de la baie avec protections mobiles) facilite la suite des calculs.

Flux incidents ->	Direct	Diffus	Réfléchi
Composante 1 -CLO	$SW1_{ap\_dir-c}$	$SW1_{ap\_dif-c}$	$SW1_{ap\_ref-c}$
Composante 2 – GLO+convectif	$SW2_{ap\_dir-c}$	$SW2_{ap\_dif-c}$	$SW2_{ap\_ref-c}$
Composante 3 -lame d'air ventilée	$SW3_{ap\_dir-c}$	$SW3_{ap\_dif-c}$	$SW3_{ap\_ref-c}$

Tableau 36 : Facteurs solaires pour Th-BC

Flux incidents ->	Direct	Diffus	Réfléchi
Composante 1 -CLO	$SW1_{ap\_dir-e}$	$SW1_{ap\_dif-e}$	$SW1_{ap\_ref-e}$
Composante 2 – GLO+convectif	$SW2_{ap\_dir-e}$	$SW2_{ap\_dif-e}$	$SW2_{ap\_ref-e}$
Composante 3 -lame d'air ventilée	$SW3_{ap\_dir-e}$	$SW3_{ap\_dif-e}$	$SW3_{ap\_ref-e}$

Tableau 37 : Facteurs solaires pour Th-D

	Direct	Diffus	Réfléchi
Facteur global	Tli_{ap_dir}	Tld_{ap_dif}	Tli_{ap_ref}
Part direct -> diffus	$Tlid_{ap\_dir}$		$Tlid_{ap\_ref}$

Tableau 38 : Facteurs de transmission lumineuse pour Th-BCDE

Ces paramètres sont utilisés aux paragraphes 5.10.3.7 et 5.10.3.8

5.10.3.6.2 Traitement des données des stores vénitiens – préprocesseur Th-BCE

Ce paragraphe a pour objectif le calcul des composantes du facteur solaire et du taux de transmission lumineuse lorsque la protection mobile est de type store vénitien, dans un cadre réglementaire. Le principe est d'attribuer à chaque variable interne l'entrée utilisateur correspondante.

Hypothèse : la baie accueillant un store vénitien ne peut être que verticale ($\beta = 90^\circ$).

5.10.3.6.2.1 Hypothèses Th-BCE

En gestion « sun tracking »

Si la gestion des stores vénitiens est de type « sun tracking » (*type-GPM-sv=1*), on fait l'hypothèse que les lames restent perpendiculaires au rayonnement solaire incident.

- Pour Th-BC, on impose : $\alpha_{SV} = 90^\circ - \gamma'$ pour tous les coefficients
- Pour Th-D, on impose : $\alpha_{SV} = 90^\circ$ (conventionnel)

Les lames étant verticales, les coefficients de la matrice ne dépendent pas de la hauteur du soleil γ' .

En gestion « position fixe »

Si la gestion des stores vénitiens est de type « position fixe » (*type-GPM-sv=2* et *type-GPM-sv=3*), la position des lames est fixe.

- Pour Th-BC, on impose : $\alpha_{SV} = 45^\circ$ pour tous les coefficients.

$SW1_{ap\_dir-c,b}$, $SW2_{ap\_dir-c,b}$ et $SW3_{ap\_dir-c,b}$, $Tli_{ap\_dir,b}$ et $Tlid_{ap\_dir,b}$ ne dépendent que de la hauteur du soleil γ' . Les autres coefficients de la matrice sont constants

- Pour Th-D, on impose : $\alpha_{SV} = 90^\circ$ (conventionnel)

Les lames étant verticales, les coefficients de la matrice ne dépendent pas de la hauteur du soleil γ' .

5.10.3.6.2.2 Entrées

Pour les règles Th-BCE, les entrées sont

- la hauteur du soleil corrigée γ'
- le type de gestion (sun tracking ou position fixe)
- les valeurs de facteurs solaires et de taux de transmission lumineuse (dépendants de la hauteur du soleil et de l'inclinaison des lames) sont issues des matrices suivantes :

En gestion « suntracking »

Les données d'entrée se résument alors aux cases colorées ci-dessous :

Sun tracking		M_suntracking_Sw_BC																							
		Sw_ap_dir,b																							
hauteur du soleil		0°						15°						30°						45°					
composantes du facteur solaire		Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3
inclinaison des lames	90																								
	75																								
	60																								
	45																								
	30																								
	15																								
	0																								
	-15																								
	-30																								
	-45																								
	-60																								
	-75																								
	-90																								

Facteurs solaires pour Th-BC (matrice M_suntracking_Sw_BC)

Sun tracking		M_suntracking_Sw_E																							
		Sw_ap_dir,b																							
hauteur du soleil		0°						15°						30°						45°					
composantes du facteur solaire		Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3
inclinaison des lames	90																								
	75																								
	60																								
	45																								
	30																								
	15																								
	0																								
	-15																								
	-30																								
	-45																								
	-60																								
	-75																								
	-90																								

Facteurs solaires pour Th-D (matrice M_suntracking_Sw_D)

Sun tracking		M_suntracking_Tl_BCE																							
		Tl_ap_dir,b																							
hauteur du soleil		0°						15°						30°						45°					
composantes du Tl		Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir	Tl_global	Tl_dir
inclinaison des lames	90																								
	75																								
	60																								
	45																								
	30																								
	15																								
	0																								
	-15																								
	-30																								
	-45																								
	-60																								
	-75																								
	-90																								

Facteurs de transmission lumineuse pour Th-BC et pour Th-D (matrice M_suntracking_Tl_BCE)

En « position fixe »

Les données d'entrée se résument alors aux cases colorées ci-dessous :

Position fixe		M fixe_Sw_BC																							
		Sw_ap_dir,b																		Sw_ap_diff,b			Sw_ap_ref,b		
hauteur du soleil γ'		0°			15°			30°			45°			60°			75°								
composantes du facteur solaire		Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3
inclinaison des lames	I 90																								
	75																								
	60																								
	45																								
	30																								
	15																								
	0																								
	-15																								
	-30																								
	-45																								
	-60																								
	-75																								
I -90																									

Facteurs solaires pour Th-BC (matrice M_fixe_Sw_BC)

Position fixe			M_fixe_Sw_E																									
			Sw_ap_dir,b																		Sw_ap_diff,b			Sw_ap_ref,b				
hauteur du soleil γ'			0°			15°			30°			45°			60°			75°										
composantes du facteur solaire			Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3	Sw1	Sw2	Sw3		
inclinaison des lames	I	90																										
		75																										
		60																										
		45																										
		30																										
		15																										
		0																										
		-15																										
		-30																										
		-45																										
		-60																										
		-75																										
		-90																										

Facteurs solaires pour Th-D (matrice M_fixe_Sw_D)

Position fixe		M_fixe_TI_BCE																										
		TI_ap_dir,b / TI_d_ap_dir,b																					TI_d_ap_diff,b			TI_d_ap_ref,b		
hauteur du soleil γ'		0°			15°			30°			45°			60°			75°											
composantes du TI		TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_ap_dir	TI_d_ap_dir	TI_d_ap_dir
inclinaison des lames	I 90																											
	75																											
	60																											
	45																											
	30																											
	15																											
	0																											
	-15																											
	-30																											
	-45																											
	-60																											
	-75																											
	-90																											

Facteurs de transmission lumineuse pour Th-BC et pour Th-D (matrice M_fixe_TI_BCE)

5.10.3.6.2.3 Calculs des facteurs solaires et des facteurs de transmission lumineuse

Les facteurs solaires et les facteurs de transmission lumineuse s'écrivent comme suit.

Dans Th-BC,

- en gestion « suntracking », avec $\gamma' \in \{0, 15, 30, 45, 60, 75\}$
et $\alpha_{SV} = 90^\circ - \gamma'$ (212)

- en « position fixe », avec $\gamma' \in \{0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ\}$ et $\alpha_{SV} = 45^\circ$

$$Sw1_{ap\_dir-c,b} = Sw1_{ap\_dir-c,b} (\alpha_{SV}, \gamma')$$

$$Sw1_{ap\_dif-c,b} = Sw1_{ap\_dif-c,b} (\alpha_{SV})$$

$$Sw1_{ap\_ref-c,b} = Sw1_{ap\_ref-c,b} (\alpha_{SV})$$

$$Sw2_{ap\_dir-c,b} = Sw2_{ap\_dir-c,b} (\alpha_{SV}, \gamma')$$

$$Sw2_{ap\_dif-c,b} = Sw2_{ap\_dif-c,b} (\alpha_{SV})$$

$$Sw2_{ap\_ref-c,b} = Sw2_{ap\_ref-c,b} (\alpha_{SV})$$

$$Sw3_{ap\_dir-c,b} = Sw3_{ap\_dir-c,b} (\alpha_{SV}, \gamma')$$

$$Sw3_{ap\_dif-c,b} = Sw3_{ap\_dif-c,b} (\alpha_{SV})$$

$$Sw3_{ap\_ref-c,b} = Sw3_{ap\_ref-c,b} (\alpha_{SV})$$

$$Tli_{ap\_dir,b} = Tli_{ap\_dir,b} (\alpha_{SV}, \gamma')$$

$$Tld_{ap\_dif,b} = Tld_{ap\_dif,b} (\alpha_{SV})$$

$$Tld_{ap\_ref,b} = Tld_{ap\_ref,b} (\alpha_{SV})$$

$$Tlid_{ap\_dir,b} = Tlid_{ap\_dir,b} (\alpha_{SV}, \gamma')$$

$$Tlid_{ap\_ref,b} = Tlid_{ap\_ref,b} (\alpha_{SV})$$

Dans Th-D, les lames sont conventionnellement verticales ($\alpha_{SV} = 90^\circ$). Les taux de transmission lumineuse ne dépendent donc pas de la hauteur du soleil.

Les variables internes ci-dessous sont donc directement égales aux paramètres intrinsèques.

$$Sw1_{ap\_dir-e,b}, Sw1_{ap\_dif-e,b}, Sw1_{ap\_ref-e,b} \quad (213)$$

$$Sw2_{ap\_dir-e,b}, Sw2_{ap\_dif-e,b}, Sw2_{ap\_ref-e,b}$$

$$Sw3_{ap\_dir-e,b}, Sw3_{ap\_dif-e,b}, Sw3_{ap\_ref-e,b}$$

$$Tli_{ap\_dir,b}, Tld_{ap\_dif,b}, Tld_{ap\_ref,b}, Tlid_{ap\_dir,b}, Tlid_{ap\_ref,b}$$

5.10.3.6.3 Traitement des données des protections mobiles autres que stores vénitiens

Dans le cas où les protections mobiles ne sont pas de type stores vénitiens (de type volets ou stores

enroulables), les données d'entrées ne font pas la distinction entre les rayonnements et flux lumineux incidents directs, diffus et réfléchis. Cependant, afin de pouvoir utiliser les équations décrites ci-après, cette répartition devient nécessaire.

Dans ce cas, on pose

$$\begin{aligned}
SW1_{ap\_dir-c,b} &= SW1_{ap\_dif-c,b} = SW1_{ap\_ref-c,b} = SW1_{ap-c,b} \\
SW2_{ap\_dir-c,b} &= SW2_{ap\_dif-c,b} = SW2_{ap\_ref-c,b} = SW2_{ap-c,b} \\
SW3_{ap\_dir-c,b} &= SW3_{ap\_dif-c,b} = SW3_{ap\_ref-c,b} = SW3_{ap-c,b} \\
SW1_{ap\_dir-e,b} &= SW1_{ap\_dif-e,b} = SW1_{ap\_ref-e,b} = SW1_{ap-e,b} \\
SW2_{ap\_dir-e,b} &= SW2_{ap\_dif-e,b} = SW2_{ap\_ref-e,b} = SW2_{ap-e,b} \\
SW3_{ap\_dir-e,b} &= SW3_{ap\_dif-e,b} = SW3_{ap\_ref-e,b} = SW3_{ap-e,b} \\
Tli_{ap\_dir,b} &= Tld_{ap\_dif,b} = Tld_{ap\_ref,b} = Tli_{ap,b} \\
Tlid_{ap\_dir,b} &= Tlid_{ap\_ref,b} = Tlid_{ap,b}
\end{aligned} \tag{214}$$

5.10.3.6.4 Valeurs par défaut

Les valeurs par défaut, pouvant faire référence aux règles Th-S, sont écrites ci-dessous pour les protections mobiles autres que les stores vénitiens.

Dans Th-BC, la valeur par défaut du facteur solaire global de la partie de la baie sans protections mobiles est inférieure de 0,1 au facteur solaire dans Th-D.

$$\begin{aligned}
SW_{sp-c,b} &= SW_{sp-e,b} - 0,1 \\
(\text{où } SW_{sp-c,b} &= SW1_{sp-c,b} + SW2_{sp-c,b} + SW3_{sp-c,b}) \\
\text{et } SW_{sp-e,b} &= SW1_{sp-e,b} + SW2_{sp-e,b} + SW3_{sp-e,b})
\end{aligned} \tag{215}$$

Dans Th-BC, la valeur du facteur solaire global de la partie de la baie avec protection mobile est par convention égale au facteur solaire dans Th-D.

$$\begin{aligned}
SW_{ap-c,b} &= SW_{ap-e,b} \\
(\text{où } SW_{ap-c,b} &= SW1_{ap-c,b} + SW2_{ap-c,b} + SW3_{ap-c,b}) \\
\text{et } SW_{ap-e,b} &= SW1_{ap-e,b} + SW2_{ap-e,b} + SW3_{ap-e,b})
\end{aligned} \tag{216}$$

La décomposition du facteur solaire en trois composantes $SW1$ / $SW2$ / $SW3$, pour les parties de la baie avec ou sans protections mobiles, se calculent conformément aux règles Th-S.

Pour la partie de la baie avec protection mobile, les facteurs solaires et les facteurs de transmission lumineuse sont identiques pour les trois flux incidents (solaires ou lumineux) direct, diffus et réfléchi.

$$\begin{aligned}
SW1_{ap\_dir,b} &= SW1_{ap\_dif,b} = SW1_{ap\_ref,b} \\
SW2_{ap\_dir,b} &= SW2_{ap\_dif,b} = SW2_{ap\_ref,b}
\end{aligned} \tag{217}$$

$$Sw3_{ap\_dir,b} = Sw3_{ap\_dif,b} = Sw3_{ap\_ref,b}$$

$$Tli_{ap\_dir,b} = Tld_{ap\_dif,b} = Tld_{ap\_ref,b}$$

Par défaut, les taux de transmission lumineuse du flux incident direct transmis sous forme diffuse sont nuls pour les parties avec ou sans protection mobile de la baie vitrée

$$\begin{aligned} Tlid_{sp,b} &= 0 \\ Tlid_{ap\_dir,b} &= Tlid_{ap\_ref,b} = 0 \end{aligned} \tag{218}$$

5.10.3.7 *Calcul des flux de chaleur transmis au groupe par la baie vitrée b*

Quelque soit le type de protections mobiles, le calcul des flux de chaleur transmis au groupe s'effectue de la même manière.

Les flux solaires globaux incidents sur la baie vitrée, sont transmis au groupe sous forme de trois flux de chaleur :

- Flux de chaleur transmis par la baie vitrée au groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde :

$$FS_{1,b} = A_b \cdot b_{solaire,b} \cdot (1 - f_{lf,b}) \times \left[(1 - R_{prot,b}) \cdot Sw1_{sp,b} \cdot I_{sr,b}^* + R_{prot,b} \cdot \begin{pmatrix} Sw1_{ap\_dir,b} \cdot Drp_{*,b}^+ \\ Sw1_{ap\_dif,b} \cdot Dfp_{*,b}^+ \\ Sw1_{ap\_ref,b} \cdot Rrp_{*,b} \end{pmatrix} \right] \quad (219)$$

$F_{lf,b}$ est le facteur de pertes solaires. Il prend en compte le pourcentage de flux réfléchi par les parois internes du groupe vers l'extérieur. Il est supposé nul.

- Flux de chaleur transmis par la baie vitrée au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif :

$$FS_{2,b} = A_b \cdot b_{solaire,b} \cdot \left[(1 - R_{prot,b}) \cdot Sw2_{sp,b} \cdot I_{sr,b}^* + R_{prot,b} \cdot \begin{pmatrix} Sw2_{ap\_dir,b} \cdot Drp_{*,b}^+ \\ Sw2_{ap\_dif,b} \cdot Dfp_{*,b}^+ \\ Sw2_{ap\_ref,b} \cdot Rrp_{*,b} \end{pmatrix} \right] \quad (220)$$

- Flux de chaleur transmis par la baie vitrée au groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure) :

$$FS_{3,b} = A_b \cdot b_{solaire,b} \cdot \left[(1 - R_{prot,b}) \cdot Sw3_{sp,b} \cdot I_{sr,b}^* + R_{prot,b} \cdot \begin{pmatrix} Sw3_{ap\_dir,b} \cdot Drp_{*,b}^+ \\ Sw3_{ap\_dif,b} \cdot Dfp_{*,b}^+ \\ Sw3_{ap\_ref,b} \cdot Rrp_{*,b} \end{pmatrix} \right] \quad (221)$$

- Flux de chaleur transmis au groupe à travers la baie vitrée b, dû au rayonnement froid vers la voute céleste :

Si $Id_{ET}=0$

$$F_{tvc,b} = A_b \cdot \left((1 - R_{prot,b}) \cdot \frac{U_{sp,b}}{h_e} + R_{prot,b} \cdot \frac{U_{ap,b}}{h_e} \right) \cdot Q_{er}^* \quad (222)$$

Sinon

$$F_{tvc,b} = 0$$

Note : Q_{er}^* tient compte de l'inclinaison de la baie.

Note2 : en présence d'un espace tampon, le flux de chaleur transmis au groupe à travers la baie vitrée b, dû au rayonnement froid vers la voute céleste est supposé nul.

Avec,

- dans Th-BC,

$$\begin{aligned} Sw1_{sp,b} &= Sw1_{sp-c,b} & Sw1_{ap\_dir,b} &= Sw1_{ap\_dir-c,b} \\ & & Sw1_{ap\_dif,b} &= Sw1_{ap\_dif-c,b} \\ & & Sw1_{ap\_ref,b} &= Sw1_{ap\_ref-c,b} \\ Sw2_{sp,b} &= Sw2_{sp-c,b} & Sw2_{ap\_dir,b} &= Sw2_{ap\_dir-c,b} \\ & & Sw2_{ap\_dif,b} &= Sw2_{ap\_dif-c,b} \\ & & Sw2_{ap\_ref,b} &= Sw2_{ap\_ref-c,b} \\ Sw3_{sp,b} &= Sw3_{sp-c,b} & Sw3_{ap\_dir,b} &= Sw3_{ap\_dir-c,b} \\ & & Sw3_{ap\_dif,b} &= Sw3_{ap\_dif-c,b} \\ & & Sw3_{ap\_ref,b} &= Sw3_{ap\_ref-c,b} \end{aligned} \quad (223)$$

- dans Th-D,

$$\begin{aligned} Sw1_{sp,b} &= Sw1_{sp-e,b} & Sw1_{ap\_dir,b} &= Sw1_{ap\_dir-e,b} \\ & & Sw1_{ap\_dif,b} &= Sw1_{ap\_dif-e,b} \\ & & Sw1_{ap\_ref,b} &= Sw1_{ap\_ref-e,b} \\ Sw2_{sp,b} &= Sw2_{sp-e,b} & Sw2_{ap\_dir,b} &= Sw2_{ap\_dir-e,b} \\ & & Sw2_{ap\_dif,b} &= Sw2_{ap\_dif-e,b} \\ & & Sw2_{ap\_ref,b} &= Sw2_{ap\_ref-e,b} \\ Sw3_{sp,b} &= Sw3_{sp-e,b} & Sw3_{ap\_dir,b} &= Sw3_{ap\_dir-e,b} \\ & & Sw3_{ap\_dif,b} &= Sw3_{ap\_dif-e,b} \\ & & Sw3_{ap\_ref,b} &= Sw3_{ap\_ref-e,b} \end{aligned} \quad (224)$$

5.10.3.8 *Calcul des flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b*

Il y a trois types de flux lumineux incidents sur la baie :

- le flux lumineux direct Erp^* ;
- le flux lumineux diffus Efp^* ;
- le flux lumineux provenant du sol $Errp^*$.

5.10.3.8.1 Calcul des taux de transmission lumineuse

Taux de transmission du flux incident direct arrivant sur la partie de la baie vitrée sans protection mobile :

$$Tli_{sp,b} = Tlii_{sp,b} + Tlid_{sp,b} \quad (225)$$

Taux de transmission du flux incident diffus arrivant sur la partie de la baie vitrée sans protection mobile :

$$Tld_{sp,b} = Tli_{sp,b} \quad (226)$$

Taux de transmission du flux incident direct sur la partie de la baie vitrée avec protection mobile :

$$Tli_{ap\_dir,b} = Tlii_{ap\_dir,b} + Tlid_{ap\_dir,b} \quad (227)$$

Taux de transmission du flux incident diffus sur la partie de la baie vitrée avec protection mobile :

$$Tld_{ap\_dif,b} \quad (228)$$

Taux de transmission du flux incident réfléchi sur la partie de la baie vitrée avec protection mobile (sous forme directe et sous forme diffuse) :

$$Tld_{ap\_ref,b} = Tlii_{ap\_ref,b} + Tlid_{ap\_ref,b} \quad (229)$$

Taux de transmission du flux incident direct sur la partie de la baie vitrée avec la seconde protection mobile :

$$Tli2_{,b} = Tlii2_{,b} + Tlid2_{,b} \quad (230)$$

Note : la distinction entre direct, diffus et réfléchi est nécessaire si les protections mobiles sont des stores vénitiens.

5.10.3.8.2 Expression des trois flux transmis au groupe par la baie vitrée b

Le type de local éclairé par la baie est lu.

S'il s'agit d'un local autre qu'à grand volume alors la baie prend le type 2. (si Type_volume =1 alors Type_baie=2)

S'il s'agit d'un grand volume alors il faut lire le type de baie.

Si Type_volume = 0 alors lire le type baie Type_baie = 0 ou Type_baie=1

Les flux Flt1, Flt2 et Flt3 sont calculés pour chaque type de baie indice Type_baie prenant la valeur 0, 1 ou 2.

Sans présence d'une deuxième protection mobile

Les flux transmis au groupe s'expriment de la façon suivante (unité : lumen) :

1. $Flt1_{b(Type\_Baie)}$: flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme directe (en provenance du direct hors composantes due au diffusé par la protection)

$$Flt1_{b(Type\_baie)} = A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot [R_{prot,b} \cdot Tlii_{ap\_dir,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlii_{sp,b}] \cdot Erp * \quad (231)$$

2. $Flt2_{b Type\_Baie)}$: flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme diffuse

$$Flt2_{b,(type\_baie)} = A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \left[\begin{aligned} & [R_{prot,b} \cdot Tlid_{ap\_dir,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlid_{sp,b}] \cdot Erp * \\ & + [R_{prot,b} \cdot Tld_{ap\_dif,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tld_{sp,b}] \cdot Efp * \\ & + [R_{prot,b} \cdot Tlid_{ap\_ref,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlid_{sp,b}] \cdot ERrp * \end{aligned} \right] \quad (232)$$

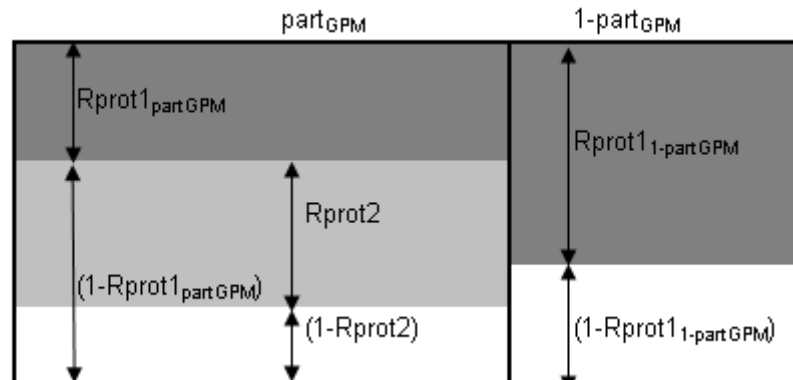
(avec $Tlid_{sp,b}$ nul si on fait l'hypothèse que la baie n'est pas diffusante)

3. $Flt3_{b Type\_Baie)}$: flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme réfléchi (en provenance du sol et en direction du plafond, hors composante due au flux diffusé par la protection)

$$Flt3_{b,(type\_baie)} = A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot [R_{prot,b} \cdot Tlii_{ap\_ref,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlii_{sp,b}] \cdot ERrp * \quad (233)$$

En présence d'une 2^{ème} protection mobile :

Une seconde protection mobile anti-éblouissement gérée manuellement est susceptible d'être mise en place. Elle ne s'utilise que pour les baies dont la première protection mobile n'est pas descendue et uniquement pour les baies appartenant à $part_{GPM}$. Sur le schéma suivant, le ratio de fermeture n'est pas propre à une baie mais à un ensemble de baies.



Eventuellement, la seconde protection mobile ($Rprot2_{,b}$) vient s'ajouter, dans la $part_{GPM}$ des locaux, à la première protection mobile. Elle est caractérisée par un taux de transmission lumineuse global $Tli2_{,b}$ et un taux de transmission du flux incident direct en diffus $Tlid2_{,b}$ (le taux de transmission de la

composante directe du flux incident en flux direct se déduit de ces deux valeurs).

Ces deux paramètres sont conventionnels dans Th-BCE : le facteur de transmission lumineuse global est conventionnellement égal à 0,1. Le rayonnement direct est transmis à travers la seconde protection mobile uniquement sous forme diffuse.

$$\begin{aligned} Tli_{2,b} &= 0.1 \\ Tlid_{2,b} &= 0.1 \end{aligned} \quad (234)$$

Les flux lumineux transmis s'écrivent alors

$$\begin{aligned} Flt_{1,b,(type\_Baie)} &= A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlii_{ap\_dir,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlii_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlii_{sp} \end{aligned} \right] \cdot Erp^* \end{aligned} \quad (235)$$

$$\begin{aligned} Flt_{2,b,Type\_baie} &= A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlid_{ap\_dir,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlid_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlid_{sp}, \\ &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tld_{ap\_dif,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tli_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tld_{sp,b} \\ &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlid_{ap\_ref,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlid_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlid_{sp}, \end{aligned} \right] \end{aligned} \quad (236)$$

$$\begin{aligned} Flt_{3,b,,Type\_baie} &= A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlii_{ap\_ref,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlii_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlii_{sp} \end{aligned} \right] \cdot ERp^* \end{aligned} \quad (237)$$

5.10.3.9 Calcul de la surface effective d'ouverture de la baie

La surface effective d'ouverture s'exprime sous la forme

$$Aouvmax_b = A_b \cdot Rouvmax_b \quad (238)$$

5.11 FA_Classement_au_bruit_d'une_baie

5.11.1 INTRODUCTION

La présente partie précise la démarche de caractérisation du classement au bruit d'une baie d'un bâtiment au sens du chapitre V de l'annexe à l'article R. 172-4 du code de la construction et de l'habitation.

La détermination des classes d'exposition au bruit (BR1, BR2 BR3) s'effectue en fonction :

- 1) du classement en catégorie des infrastructures de transports terrestres au voisinage de la construction. Ce classement des voies est donné par un arrêté préfectoral conformément à l'article L 571-10 du code de l'environnement ;
- 2) de la situation de la baie par rapport à ces infrastructures ;
- 3) et de la situation du bâtiment par rapport aux zones A, B, C ou D du plan d'exposition au bruit (PEB) de l'aéroport le plus proche. Le PEB est approuvé par un arrêté préfectoral.

La détermination du classement BR s'effectue baie par baie en appliquant en fonction de la distance "d" entre la façade étudiée et l'infrastructure et de la 'vue d'une infrastructure depuis une baie'.

5.11.2 LE CLASSEMENT AU BRUIT D'UNE BAIE : BR1- BR2 - BR3

5.11.2.1 *Classe d'exposition au bruit d'une baie et isolement acoustique de façade :*

La caractérisation du classement au bruit BR correspond à l'article 6 de l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transport terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit :

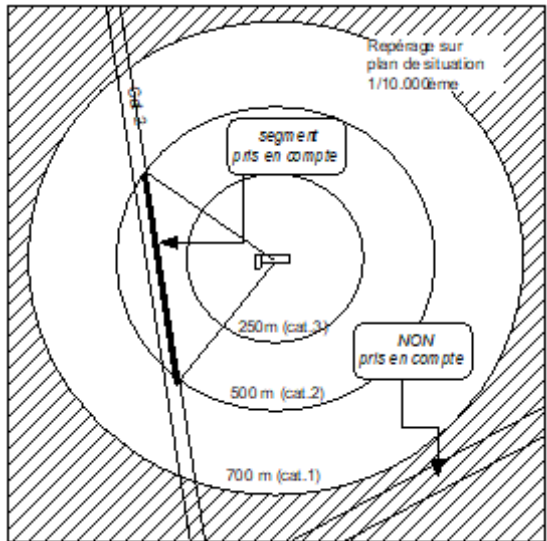
La classe d'exposition BR3 correspond à l'obligation potentielle d'un renforcement de l'isolement acoustique de façade au delà des 30 dB de la réglementation acoustique.

La classe d'exposition BR2 correspond à des niveaux d'exposition plus faibles, spécifiques aux règles thermiques, qui ne nécessitent pas le renforcement de l'isolement acoustique mais qui conduisent pour les chambres à une contrainte thermique d'été liée à l'absence de ventilation nocturne de ce type de local.

La classe d'exposition BR1 correspond à une faible exposition (à l'exception des locaux à occupation passagère)

5.11.3 ÉTAPE 1 : REPERAGE GENERAL DES INFRASTRUCTURES

La première étape concerne le bâtiment dans son ensemble. Il s'agit de repérer les infrastructures susceptibles d'être prises en compte en particulier les infrastructures de catégorie 1, 2 et 3 qui ne bordent pas l'opération ainsi que les aéroports. Cette tâche s'effectue sur un plan de situation 1/10.000ème.



Catégorie de l'infrastructure	Distance maximale de prise en compte de l'infrastructure
Catégorie 1	700 m
Catégorie 2	500 m
Catégorie 3	250 m
Catégorie 4	100 m
Catégorie 5	30 m
Aéroport	Bâtiment situé en zone D du plan d'exposition au bruit

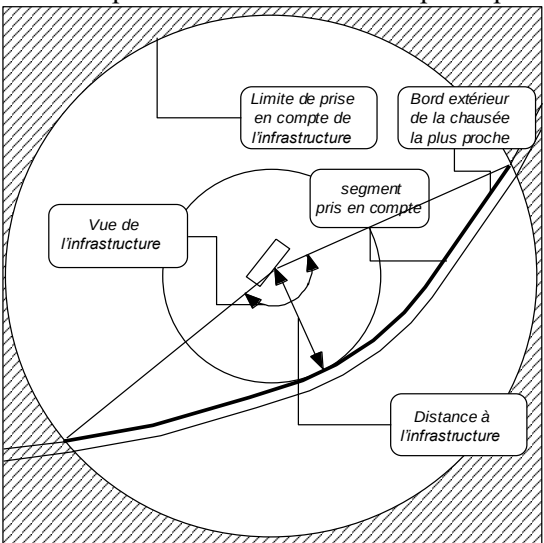
5.11.3.1 Détermination du classement BR des baies d'un bâtiment situé dans les zones A, B, C ou D d'un aérodrome :

Le classement se fait directement selon la position du bâtiment :

	en zone A	en zone B	en zone C	en zone D	Hors zone
Toutes vues	BR3	BR3	BR3	BR2	BR1

5.11.4 ÉTAPE 2 : DETERMINATION DE LA DISTANCE D'UNE FAÇADE A UNE INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE

La seconde étape consiste à apprécier la distance de la façade aux infrastructures de transport terrestres (le cas de l'aéroport est traité directement par la position du bâtiment)



La distance de la façade à l'infrastructure est la **plus courte par rapport au bord extérieur de la chaussée la plus proche** (valeur projetée en plan).

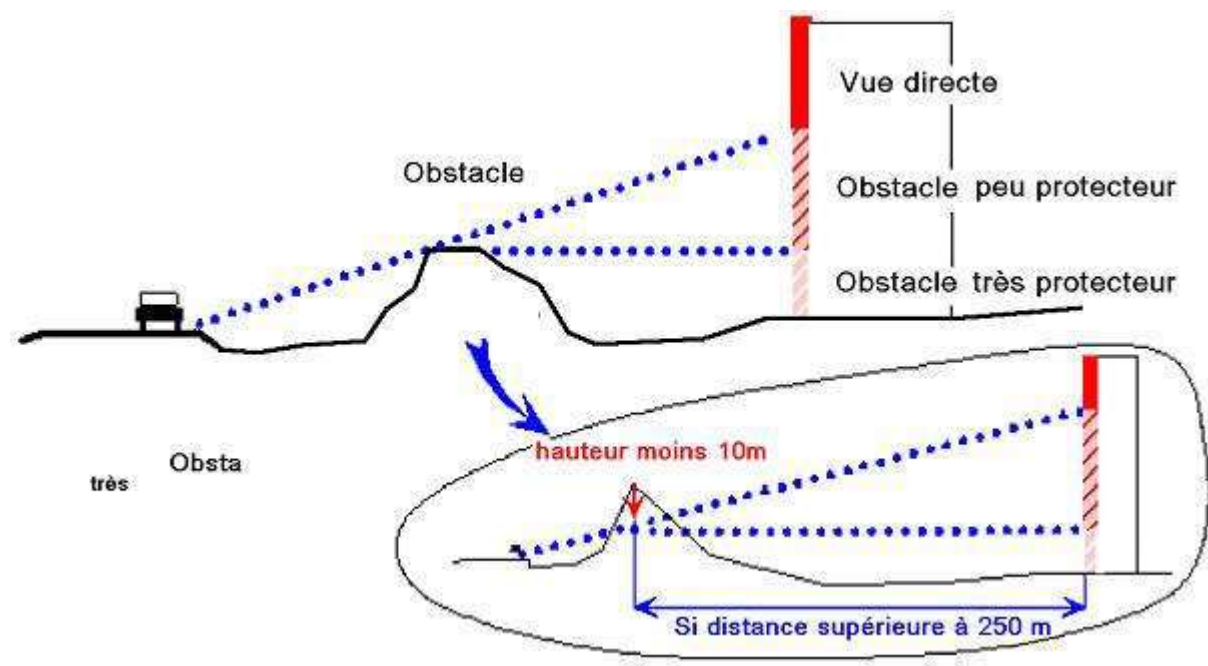
L'approche s'effectue globalement par façade. Dans les cas courants, une simple appréciation d'une baie courante en façade permet de savoir si toutes les baies de la façade considérée sont dans les mêmes conditions de distance et de vue de l'infrastructure.

5.11.5 ÉTAPE 3 : DETERMINATION DES OBSTACLES

Pour chaque façade et si besoin pour chaque niveau, il convient d'identifier dans la zone de prise en compte de l'infrastructure (étape 2), les éventuels obstacles à la propagation du bruit (bâtiment, écran acoustique, butte de terre...). Ces obstacles sont « très protecteurs » ou « peu protecteurs » selon qu'ils sont plus bas ou plus haut que la baie considérée :

Un **obstacle est « très protecteur »** s'il est situé à une altitude supérieure ou égale à celle de l'étage exposé considéré.

Un **obstacle est « peu protecteur »** s'il est situé à une altitude inférieure à celle de l'étage considéré tout en constituant un masque visuel de l'infrastructure.



5.11.5.1 Cas d'un obstacle à plus de 250 m :

Lorsque l'obstacle est à plus de 250 mètres de la baie considérée et pour tenir compte de l'effet de courbure de la propagation du bruit (inversion thermique nocturne), on ajoute 10 mètres à l'altitude minimale nécessaire à la prise en compte de l'obstacle pour les locaux à usage d'habitation.

5.11.6 ÉTAPE 4 : DETERMINATION DE LA VUE DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE DEPUIS UNE BAIE

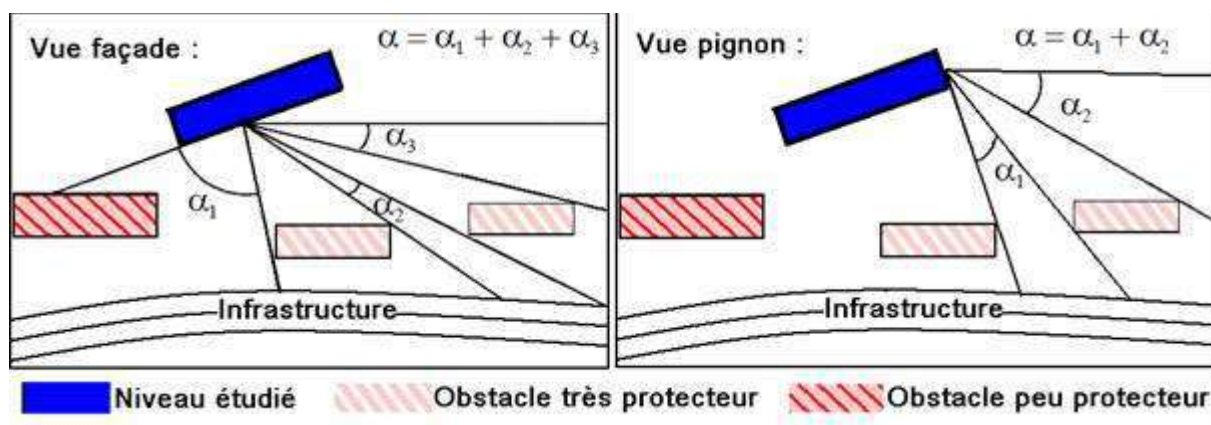
La détermination de la vue de l'infrastructure depuis la baie se fait à partir de la vue en plan de l'infrastructure après avoir déduit les éventuels obstacles à la propagation du bruit (obstacles très protecteurs, obstacles peu protecteurs)

Une **vue directe** s'entend pour une vue en plan de l'infrastructure de plus de 90° après déduction des obstacles très protecteurs à l'exposition.

Une **vue partielle** s'entend pour une vue en plan de l'infrastructure inférieure à 90°, après déduction des obstacles très protecteurs à l'exposition.

Il y a une **vue masquée** de l'infrastructure lorsque l'infrastructure ne peut pas être vue, en tenant compte des obstacles à l'exposition, depuis la baie

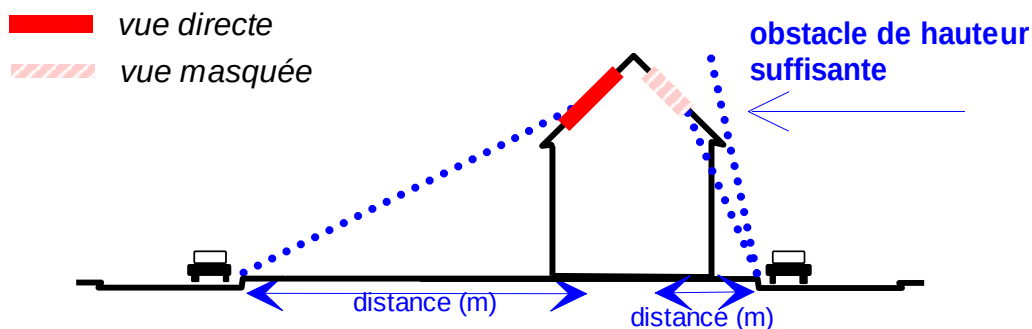
Une **vue arrière** s'entend pour la façade arrière du bâtiment par rapport à l'infrastructure.



Cas particulier : classement au bruit d'une baie inclinée (*):

(*) le terme « incliné » est défini de manière unique dans les règles thermiques comme une inclinaison inférieure à 60° sur l'horizontale, une baie non inclinée étant « verticale ».

La **distance** de l'infrastructure est déterminée en vue **projetée en plan** par rapport à la **partie centrale de la baie**. La partie basse de la toiture et la façade étant de hauteur suffisante par rapport au niveau considéré, constituent un obstacle très protecteur. En conséquence, **la vue de l'infrastructure est considérée comme « directe »** s'il y a une vision directe et « **masquée par un obstacle très protecteur** » dans le cas d'une voie en pied d'immeuble.



Si la baie est en toiture (cas des fenêtres de toit) on peut déterminer BR à partir du centre de la partie de la toiture correspondant au local sur lequel donne la baie (en général, il n'y a que très peu de différence de distance entre ces deux points lorsque la baie est unique, et pas de différence de classement BR s'il y a plusieurs baies).

5.11.6.1 Cas de plusieurs infrastructures :

Dans le cas de plusieurs infrastructures (transports terrestres ou aéroports), on retiendra la classe d'exposition au bruit la plus défavorable c'est à dire la plus élevée.

5.11.7 TABLEAUX DE BR POUR LE BRUIT DES TRANSPORTS TERRESTRES

Infrastructure de catégorie 1 :

Vue de l'infrastructure depuis la baie Distance à l'infrastructure	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée par des obstacles		Vue arrière
			peu protecteurs	très protecteurs	
0-65 m	BR3	BR3	BR3	BR3	BR3
65-125 m	BR3	BR3	BR3	BR3	BR2
125-250 m	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2
250-400 m	BR3	BR2	BR2	BR2	BR1
400-550 m	BR2	BR2	BR2	BR1	BR1
550-700 m	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
>700 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

Infrastructure de catégorie 2 :

Vue de l'infrastructure depuis la baie Distance à l'infrastructure	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée par des obstacles		Vue arrière
			peu protecteurs	très protecteurs	
0-30 m	BR3	BR3	BR3	BR3	BR3
30-65 m	BR3	BR3	BR3	BR3	BR2
65-125 m	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2
125-250 m	BR3	BR2	BR2	BR2	BR1
250-370 m	BR2	BR2	BR2	BR1	BR1
370-500 m	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
>500 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

Infrastructure de catégorie 3 :

Vue de l'infrastructure depuis la baie Distance à l'infrastructure	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée par des obstacles		Vue arrière
			peu protecteurs	très protecteurs	
0-25 m	BR3	BR3	BR3	BR3	BR2
25-50 m	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2
50-100 m	BR3	BR2	BR2	BR2	BR1
100-160 m	BR2	BR2	BR2	BR1	BR1
160-250 m	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
>250 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

Infrastructure de catégorie 4 :

Vue de l'infrastructure depuis la baie Distance à l'infrastructure	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée par des obstacles		Vue arrière
			peu protecteurs	très protecteurs	
0-15 m	BR3	BR3	BR3	BR2	BR2
15-30 m	BR3	BR2	BR2	BR2	BR1
30-60 m	BR2	BR2	BR2	BR1	BR1
60-100 m	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
>100 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

Infrastructure de catégorie 5 :

Vue de l'infrastructure depuis la baie Distance à l'infrastructure	Vue directe	Vue partielle	Vue masquée par des obstacles		Vue arrière
			peu protecteurs	très protecteurs	
0-10 m	BR3	BR2	BR2	BR2	BR1
10-20 m	BR2	BR2	BR2	BR1	BR1
20-30 m	BR2	BR1	BR1	BR1	BR1
>30 m	BR1	BR1	BR1	BR1	BR1

5.12 C_BAT_Perméabilité_des_PM

5.12.1 INTRODUCTION

Lorsqu'une protection mobile est abaissée, elle réduit la surface de passage de l'air. Le débit d'air maximal disponible par ouverture des baies est donc plus faible.

L'objectif de cette fiche algorithme est de calculer la surface équivalente de passage de l'air pour une baie et sa protection mobile. Pour cela, un taux de libre passage de l'air, noté $Taux_{\text{passage\_air\_PM}}$, est associé à chaque protection mobile mise en place.

Ainsi, à partir de ce paramètre et du ratio horaire de fermeture des protections mobiles $R_{\text{prot}}(h)$, le moteur de calcul Th-BCE peut évaluer la surface équivalente d'ouverture de l'ensemble baie + protection mobile puis calculer le débit de (sur)ventilation par les ouvrants.

Les étapes du calcul sont les suivantes :

1. Etablissement d'une typologie des protections mobiles selon leur propension à laisser passer l'air lorsqu'elles sont en position fermées ;
2. A partir de cette typologie, attribution à chacune des protections mobiles d'un taux de passage à l'air ;
3. Calcul de la surface d'ouverture maximale de la baie avec la protection mobile mise en place ($A_{\text{ouvmax\_ac\_PM}}^b(h)$).

5.12.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 39 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de perméabilité des protections mobiles.

Entrées du composant						
Nom		Description	Unité			
$R_{prot,b}(h)$		Ratio de fermeture de la protection mobile de la baie vitrée b	-			
$A_{ouvmax,b}$		Surface d'ouverture maximale de la baie b	m ²			
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv
Baies	$Typo\_PM$	Typologie des Protections Mobiles pour le calcul d'un taux de passage à l'air	-	0	4	-
	$Type\_PM\_GPM$	Type de la première protection mobile et type de gestion	-	0	8	-
Paramètres d'intégration du composant						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv
Sorties						
Nom		Description	Unité			
$A_{ouvmax\_ac\_PM,b}(h)$		Surface d'ouverture maximale de la baie b avec protection mobile mise en place	m ²			
Variables internes						
Nom		Description	Unité			
$Taux_{passage\_air\_P_{M_i}}$		Taux de passage de l'air à travers la protection mobile mise en place	%	0	100	
Constantes						
Nom		Description	Unité	Conv		

Tableau 39 : Nomenclature du modèle

5.12.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Par hypothèse, seule la première protection mobile (PM1) est concernée par ces algorithmes.

5.12.3.1 *Typologie des protections mobiles selon leur taux de passage d'air*

Ce paragraphe a pour objectif d'établir une typologie des Protections Mobiles (PM) selon leur propension à laisser passer l'air lorsqu'elles sont en position fermées. Pour chaque catégorie, un taux de passage à l'air (exprimé en %) est attribué.

Tableau 40 : typologie des Protections Mobiles selon leur taux de passage d'air

Typologie des PM (Typo_PM)	Exemples	Taux_{passage_air_PM} (%)
0 - Valeur par défaut	- Volets isolants	0 %
1 – Tablier non ou faiblement ajouré (surface ajourée < 10% de la surface du tablier)	- Volets roulants sans projection - Volets battants sans projection - Persiennes et jalousies sans projection - Volets coulissants - Stores extérieurs enroulables opaques guidés - Stores intérieurs enroulables opaques	10 %
2- Tablier ajouré (surface ajourée entre 10% et 30% de la surface du tablier)	- Volets roulants à agrafes - Volets roulants à micro-lames ajourées	25%
3- Tablier fortement ajouré (surface ajourée entre 30% et 50% de la surface du tablier)	- Volets battants persiennés à lames fixes ou orientables sans projection - Volets coulissants déportés du mur - Moustiquaires	50%
4- Tablier très fortement ajouré (surface ajourée supérieure à 50% de la surface du tablier) ; protection mobile à projection	- Stores vénitiens extérieurs (BSO) - Stores vénitiens intérieurs - Volets roulants à lames orientables - Volets roulants à projection - Persiennes et jalousies à projection - Volets battants persiennés à lames fixes ou orientables avec projection	75%
5- Pas de protection mobile (Type_PM_GPM=0)		100%

On entend ici par tablier la partie de la protection solaire qui est mobile.

Cette typologie des protections mobiles est codée dans un préprocesseur au moteur de calcul.

5.12.3.2 *Calcul de la surface totale équivalente de libre passage à l'air*

Par ailleurs, un ratio de fermeture des protections mobiles $R_{prot}(h)$, dépendant de l'éclairement, des périodes de jour, de l'occupation etc., est calculé à chaque pas de temps dans la fiche Gestion des Protections Mobiles.

Sur la partie de la baie entièrement couverte par la protection mobile (fraction $R_{prot}(h)$ de la surface A^b), seul le pourcentage $Taux_{passage\_air\_PM}$ d'air peut traverser l'ouvrant. Sur la partie restante (fraction $1-R_{prot}(h)$), nous supposons que l'air peut traverser librement la baie et sa première protection mobile.

Ainsi, la surface équivalente de la baie permettant un libre passage de l'air s'exprime de la manière

suivante :

$$A_{ouvmax\_ac\_PM}^b(h) = A_{ouvmax}^b * (R_{prot,b}(h) * Taux_{passage\_air\_PM}^b + (1 - R_{prot,b}(h))) \quad (239)$$

Par construction, $A_{ouvmax\_ac\_PM}^b(h) \leq A_{ouvmax}^b$.

Le nouveau schéma de principe de l'assemblage baies est le suivant :

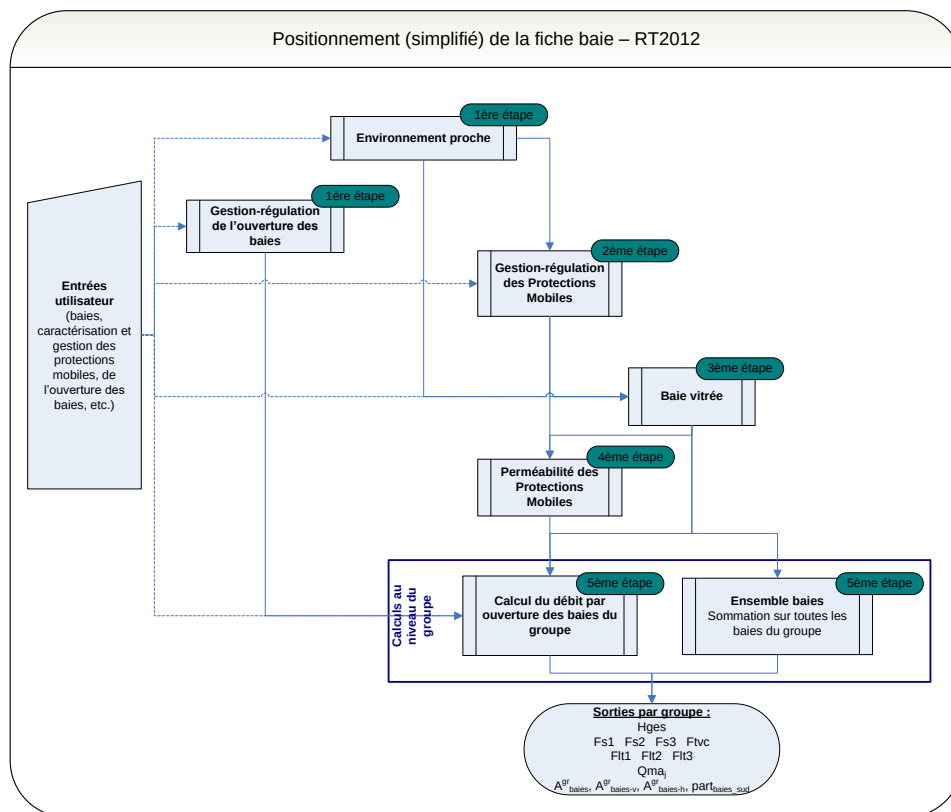


Figure 60 : disposition des composants de l'assemblage baies

5.13 C_BAT_Surventilation naturelle par ouverture des baies pour le confort thermique

5.13.1 INTRODUCTION

La surventilation par ouverture des baies est un moyen de rafraîchir de manière passive un bâtiment, lorsque les paramètres de températures le permettent.

L'impact de cette ouverture sur la température intérieure d'un groupe donné est basé sur un calcul en deux étapes :

- Une première étape vise à déterminer un ratio d'ouverture des baies en prenant en compte le comportement de l'occupant (gestion manuelle de l'ouverture) et l'éventuelle régulation automatique pour certains ouvrants. Cette gestion ne prend en compte que l'ouverture à des fins de limitation de l'inconfort thermique chaud ; elle fait l'impasse sur l'ouverture à des fins de renouvellement d'air hygiénique.

Cette première étape est réalisée pour chaque baie du groupe indépendamment,

- Une seconde étape calcul le débit d'air global entrant dans le groupe par les ouvrants à partir des conditions extérieures et intérieures et des ratios d'ouverture de la première étape.

Cette seconde étape est réalisée globalement, à l'échelle du groupe.

Seules les baies vitrées donnant sur l'extérieur – hors portes d'accès ou de communication avec d'autres locaux – peuvent contribuer à la surventilation naturelle.

En termes de cohérence avec le reste du calcul, les hypothèses suivantes sont retenues :

- La ventilation hygiénique du bâtiment est gérée indépendamment de la surventilation naturelle par ouverture des baies. Dans le cas d'un bâtiment où les baies servent également à l'aération, le maximum des débits entrants par les baies est retenu dans la modélisation thermique du groupe.
- L'ouverture des baies est incompatible avec le fonctionnement des systèmes de refroidissement. Dans les bâtiments rafraîchis, on ne fait pas appel à la surventilation naturelle au cours de la saison de refroidissement,
- L'ouverture des baies n'a aucun impact sur le calcul du facteur de transmission thermique global par les baies (H_{ges}), ni sur le calcul des flux de chaleur transmis par les baies au groupe sous forme de rayonnement (F_{s1} , F_{s2}) ou au travers d'une lame d'air intérieure ventilée (F_{s3}).
- Une exception existe sur le mode de calcul Th-B pour calculer le besoin de froid en permettant une surventilation naturelle par ouverture des baies lorsque c'est opportun.
- Les débits par ouverture des baies n'interviennent pas dans les calculs de pressions d'équilibre du groupe.

5.13.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 41** donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, et j le jour de simulation correspondant.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Env. extérieur	$h_{\text{lég}}(h)$	Heure légale au pas de temps h .	h
	$\theta_{\text{ext}}(h)$	Température de l'air extérieur, au temps h .	°C
	$V_{\text{vent}_c}(h)$	Vitesse du vent au pas de temps h .	h
	$i_{\text{hebergement}}$	Indicateur d'usage résidentiel ou hébergement. <i>0 : usage non-résidentiel et non-hébergement.</i> <i>1 : usage résidentiel ou hébergement.</i>	Bool
Zone	$P_{\text{fr}_s}(h)$	Indicateur de consigne de refroidissement (confort, réduit de moins de 48h, réduit de plus de 48 heures) par jour/heure	Entier
	$i_{\text{occ\_zone}}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h : vrai : zone en occupation faux : zone en inoccupation	Entier
	$i_{\text{occ\_zone}}(h-1)$	Indicateur d'occupation au temps $h-1$.	Entier
	θ_{lifr_+}	Température de consigne de refroidissement en occupation normale (confort)	°C
	Saison	Indicateur de saison du groupe (<i>chauffage sans refroidissement, mi-saison, chauffage avec refroidissement, refroidissement seul</i>)	Entier
	$\theta_{i,\text{fin}}(h-1)$	Température intérieure de l'air du groupe considéré, au pas de temps $h-1$.	°C
Groupe	$\theta_{\text{op},\text{fin}}(h-1)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps $h-1$.	°C
	$\theta_{\text{op},\text{fin}}(h-2)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps $h-2$.	°C
	$\Delta\theta_{\text{conf\_adapt}}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation du groupe gr (lié à la notion de confort adaptatif)	°C
	$q_{m,\text{aeration}}^{gr,s}(h)$	Débit massique d'aération par ouverture de fenêtre du groupe, défini pour garantir la cohérence avec le calcul de la température des groupes.	kg/s
Sorties du composant			

Nom	Description	Unité
$Q_{v\_surv}^{gr}(h)$	Débit volumique de surventilation par ouverture des baies pour le groupe gr, au pas de temps h	m ³ /h
$Qma_j(h)$	Débit massique d'air entrant dans le groupe par les baies, à la température $\vartheta_{ext}(h)$.	kg/s

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
α	Orientation de la baie d'indice b, sous forme d'angle en ° (0° pour le sud, 90° l'ouest, 270° l'est, et 180° le nord).				
Baie $Est\_Ouvrable$	Indicateur précisant si la baie peut être ouverte ou non : <i>0 : Non-ouvrable</i> <i>1 : Ouvrable</i>	Entier	0	1	
$Has\_Gestion\_Auto\_Ouverture$	Indicateur précisant si la baie est équipée d'une gestion automatique de l'ouverture : <i>0 : Pas de régulation automatique</i> <i>1 : Régulation automatique avec possibilité de dérogation</i> <i>2 : Régulation automatique sans possibilité de dérogation</i>	Entier	0	1	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	
Baie $expo\_BR$	Niveau d'exposition au bruit de la baie : <i>1 : BR1</i> <i>2 : BR2</i> <i>3 : BR3</i>	Entier	1	3	
$Is\_grandvolume$	Précise si le groupe est constitué majoritairement de locaux de grands volumes (pour la définition du Httf) : <i>0 : Non</i> <i>1 : Oui</i>	-	0	1	
Groupe $Httf$	Hauteur pour le tirage thermique, définie à l'échelle du groupe. Correspond à la différence d'altitude entre le point le plus bas de l'ouverture la plus basse et le plus le plus haut de l'ouverture la plus haute.	m	0	15	
δ_{trav_surv}	Booléen traduisant le caractère traversant du groupe, au sens de la surventilation par ouverture des baies : <i>1= traversant</i> <i>0 = non-traversant</i>	Bool	0	1	-

Variables internes

Nom	Description	Unité

$Rouv^b(h)$	Ratio surfacique d'ouverture de la baie au pas de temps h. La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie. Cette donnée d'entrée est la donnée de sortie de la fiche au pas de temps précédent.	Réel			
$Rouv\_thop\_man(h)$	Ratio d'ouverture de la baie en fonction de la température opérative repris du pas de temps h-1 en gestion manuelle ou automatique.	Réel			
$Rouv\_thop\_auto(h)$					
$Mod\_ext\_man(h)$	Ratio de modération de l'ouverture en fonction des températures extérieures et intérieures, en gestion manuelle ou automatique.	Réel			
$Mod\_ext\_auto(h)$					
$Cpr(h)$	Coefficient de prise en compte de la plage horaire et l'exposition au bruit.	Réel	0	1	-
$P_{auto\_nonderog}(h)$	Part de la baie en gestion automatique non-dérogée.	Réel	0	1	-
$\theta_{ouv1}(h)$ $\theta_{ouv2}(h)$ $\theta_{fer1}(h)$ $\theta_{fer2}(h)$	Températures de consigne de la gestion en fonction de la température opérative	°C	0	$+\infty$	-
$Rouv\_corrige^b(h)$	Ratio surfacique d'ouverture de la baie d'indice b, au temps h en prenant en compte la limitation de la PM. La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie.	Réel			
$Aouv^{gr}(h)$	Surface d'ouverture équivalente de l'ensemble des baies pour le groupe, au pas de temps h.	m ²			
$Aouv^b(h)$	Surface d'ouverture équivalente de la baie d'indice b, au pas de temps h.	m ²			
$Aouv_n(h)$	Surface d'ouverture équivalente des baies pour l'orientation globale n.	m ²			
S_{ors}	Racine carrée de la somme des produits 2 à 2 des surfaces d'ouverture pour les quatre orientations globales retenues.	m			
$\theta_{ext}(h)$	Masse volumique de l'air extérieur entrant dans le groupe.	kg/m ³			
α_{ref}	Angle d'orientation de référence de l'algorithme.	°			
α_{haut}	Angle d'orientation supérieur de l'algorithme.	°			
α_{bas}	Angle d'orientation inférieur de l'algorithme.	°			

	$S_{ors,k}$	Valeur de S_{ors} pour la configuration d'orientation d'indice k, dans le cas traversant.	m^2			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			
Hypothèses d'occupation et de comportement	P_{occ}	Conventionnel : part des baies en groupe occupé pour lesquelles un occupant peut agir manuellement Voir « C_BAT_Gestion_protections_mobiles »	-	0	1	
	P_{derog_ouv}	Part de la baie en gestion automatique dans des locaux occupés faisant l'objet d'une dérogation manuelle	-	0	1	0,5
	$\Delta\theta_{ext\_int}$	Différence limite de températures entre l'extérieur et l'intérieur pour la surventilation naturelle <i>En gestion manuelle : -3°C</i> <i>En gestion automatique : 2°C</i>	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{ei\_seuil\_bas}$	Températures extérieures seuils pour la modération de l'ouverture des baies.	°C	0	$+\infty$	10
	$\theta_{ei\_seuil\_haut}$					18
Constantes physiques	ρ_{ref}	Masse volumique de référence	kg/m^3			1.2
	θ_{ref}	Température de référence	°C			19
	C_w	Constante de prise en compte de la vitesse du vent.	-			0.001
	C_{st}	Constante de prise en compte des effets de tirage thermique.	$m/(^{\circ}C \cdot s^2)$			0.0035
	dC_p	Différence en valeur absolue des coefficients de pression entre les façades au vent et sous le vent (conventionnelle).	-	0	10	0,75
	C_{d_go}	Coefficient de décharge pour la prise en compte des débits traversants par les grandes ouvertures.	-	0	1	0,6
	$V_{ventmax}$	Vitesse de vent maximale prise en compte dans le calcul des débits traversants	m/s			3

Tableau 41 : Nomenclature du modèle

5.13.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.13.3.1 *Gestion de l'ouverture d'une baie*

A chaque pas de temps h , la première étape du calcul consiste à calculer un ratio d'ouverture propre à chaque baie du groupe.

Ce calcul n'est réalisé que si la baie est renseignée comme ouvrable ($Est\_Ouvrable = 1$: Oui).

Chaque baie ouvrable est pilotée selon un mode de gestion :

- Soit **manuel** ($Has\_Gestion\_Auto\_Ouverture = 0$) : ce sont les occupants qui, manuellement, font varier l'ouverture des baies à des fins de surventilation des locaux, en fonction de leur ressenti. Le taux d'ouverture dépend de la température intérieure opérative, des conditions climatiques extérieures et de l'exposition au bruit de la baie considérée.
- soit **automatique** ($Has\_Gestion\_Auto\_Ouverture = 1$) : le ratio d'ouverture des baies est commandé par un système de régulation visant à améliorer le confort des occupants et obéissant à des consignes de températures intérieures et extérieures. Dès lors qu'une gestion automatique est en place, on prévoit qu'une partie des baies fait l'objet d'une dérogation manuelle par les occupants. Cela ne concerne que les ouvrants accessibles dans des locaux occupés.

Le mode de gestion automatique autorise la surventilation en période d'inoccupation, et donc la surventilation nocturne régulée. En gestion manuelle, par contre, on considère que l'occupant ferme l'ensemble des ouvrants en période d'inoccupation.

5.13.3.1.1 Algorithme pour la gestion manuelle

Le ratio d'ouverture global $Rouv(h)$ est le produit de plusieurs composantes :

$$Rouv(h) = i_{occ}(h) \cdot P_{occ} \cdot Cpr(h) \cdot Mod\_ext\_man(h) \cdot Rouv\_thop\_man(h) \quad (240)$$

Avec :

- $i_{occ}(h)$ est l'indice d'occupation des locaux du groupe au pas de temps h (0 : inoccupation, 1 : occupation),
- P_{occ} : part des baies en groupe occupé pour lesquelles un occupant peut agir manuellement,
- $Cpr(h)$ est le coefficient de modération pour la prise en compte des contraintes à l'ouverture (bruit, effraction, etc...),
- $Mod\_ext\_man(h)$ est le coefficient de modération en gestion manuelle pour la prise en compte des conditions climatiques extérieures,
- $Rouv\_thop\_man(h)$ est le ratio d'ouverture en gestion manuelle ne prenant en compte que la dépendance à la température opérative intérieure.

Modération en fonction des conditions climatiques extérieures : $\text{Mod\_ext\_man}(h)$

On considère par hypothèse que l'occupant n'aura pas recours à l'ouverture des baies pour surventiler dès lors que la température extérieure est trop basse (sensation de froid) ou au contraire trop haute par rapport à la température intérieure. Cela passe par l'introduction du coefficient de modération $\text{Mod\_ext\_man}(h)$, déterminée selon la logique représentée ci-dessous :

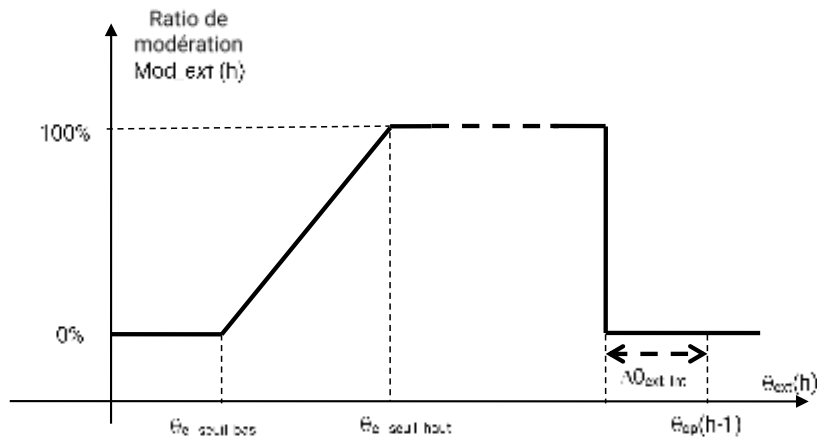


Figure 61: ratio de modération de l'ouverture en fonction de la température extérieure

En gestion manuelle, les valeurs de $\theta_{\text{ei\_seuil\_bas}}$, $\theta_{\text{ei\_seuil\_haut}}$ et $\Delta\theta_{\text{ext\_int}}$ sont fixées conventionnellement comme suit :

$$\begin{aligned} \theta_{\text{ei\_seuil\_bas}} &= 10^{\circ}\text{C} \\ \theta_{\text{ei\_seuil\_haut}} &= 18^{\circ}\text{C} \\ \Delta\theta_{\text{ext\_int}} &= -3^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (241)$$

Un $\Delta\theta_{\text{ext\_int}}$ négatif est conventionnellement retenu en gestion manuelle, en considérant que les occupants prolongent l'ouverture même lorsque la température extérieure devient supérieure à la température intérieure, et ce afin de maintenir une circulation d'air dans le bâtiment.

Coefficient de modération pour la prise en compte des contraintes à l'ouverture (bruit, effraction, etc...) : $\text{Cpr}(h)$

La valeur de $\text{Cpr}(h)$ est calculée à chaque pas de temps, à partir du tableau suivant :

Classe d'exposition au bruit (expoBR)	Hors saison de chauffage <i>Saison $\neq$ chauffage sans refroidissement</i>		En saison de chauffage <i>Saison = chauffage sans refroidissement</i>	
	Journée : $h_{\text{lég}}$ de 7h à 21h	Nuit : $h_{\text{lég}}$ de 22h à 6h	Journée : $h_{\text{lég}}$ de 7h à 21h	Nuit : $h_{\text{lég}}$ de 22h à 6h
BR1	1	1	0,3	
BR2 et BR3	0,7	0,3		

Tableau 42: Valeurs de $\text{Cpr}(h)$ en période d'occupation

En inoccupation :

Si $i_{\text{occ\_zone}}(h) = 0$ (inoccupation),
 $\text{Cpr}(h) = 0$

Dépendance à la température intérieure opérative : Rouv_θop_man(h)

En occupation ($i_{occ}(h) = 1$) et en période journée ($h_{leg}(h) > 7h$ et $h_{leg}(h) < 23h$), on fait l'hypothèse que les occupants gèrent l'ouverture des baies selon le profil à hystérésis suivant :

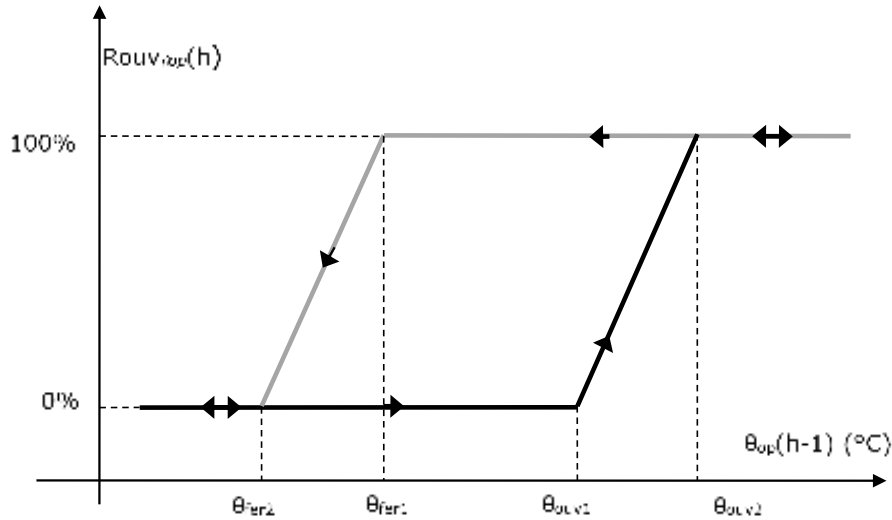


Figure 62 : Ratio d'ouverture Rouv_θop(h) en fonction de la température opérative intérieure au pas de temps précédent

Les valeurs de seuils de confort sont fixées à chaque pas de temps selon les relations suivantes :
Hors saison de chauffage (*Saison ≠ chauffage sans refroidissement*) :

$$\begin{aligned}\theta_{ouv2}(h) &= \theta_{iifr\_+} + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h) - 1^{\circ}\text{C} \\ \theta_{ouv1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer2}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 3^{\circ}\text{C}\end{aligned}\tag{242}$$

En saison de chauffage (*Saison = chauffage sans refroidissement*) :

$$\begin{aligned}\theta_{ouv2}(h) &= \theta_{iifr\_+} + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h) + 1^{\circ}\text{C} \\ \theta_{ouv1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer2}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 3^{\circ}\text{C}\end{aligned}\tag{243}$$

Avec :

- θ_{iifr_+} la température de consigne de refroidissement en mode confort (en occupation),
- $\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$ l'écart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation

5.13.3.1.2 Cas du mode Th-B : gestion manuelle et conditions

Lorsque le mode de calcul est Th-B, un calcul spécifique est mené sur l'ouverture des baies, pour bénéficier partiellement de la surventilation par ouverture des baies sans interférer avec le calcul de besoin de refroidissement.

L'ouverture des baies ouvrables est défini en **gestion manuelle** avec quelques différences de calcul. On reprend l'algorithme pour gestion manuelle en modifiant le ratio de modération de l'ouverture en fonction de la température extérieure **Mod_ext_man(h)** et le ratio d'ouverture en fonction de la température opérative au pas de temps précédent **Rouv_θop_man(h)**

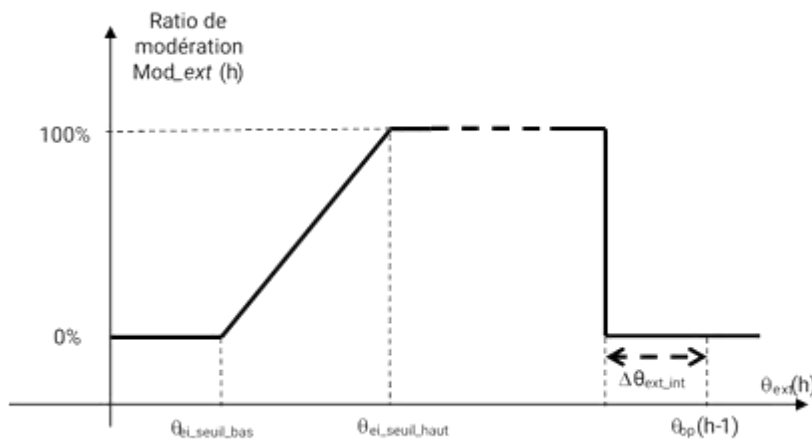
- Calcul de **Mod_ext_man(h)** en mode Th-B :

Hors période d'autorisation de refroidissement ($Aut_{fr,pro}(j)=0$) :

$$Mod\_ext\_man(h) = 0 \quad (244)$$

En période d'autorisation de refroidissement ($Aut_{fr,pro}(j)=1$)

La valeur du « coefficient de modération en gestion manuelle pour la prise en compte des conditions climatiques extérieures » (dans la partie méthode sur la surventilation naturelle par ouverture des baies) est changée :



Par rapport au schéma ci-dessus pour la gestion manuelle, en Th-B en période de refroidissement :

- $\theta_{op}(h-1) - \Delta\theta_{ext\_int}$ est remplacé par $\text{MIN}(\theta_{iifr}-1 ; \theta_{op}(h-1) - \Delta\theta_{ext\_int})$
- $\theta_{ei\_seuil\_haut}$ est remplacé par $\text{MIN}(\theta_{iifr}-1 ; \theta_{ei\_seuil\_haut})$

Où θ_{iifr} est la température de consigne froid. De sorte que si la température extérieure s'approche de la température de consigne de refroidissement (dépassse la température de consigne de froid moins 1°C), les baies ne sont pas ouvertes.

- Calcul de **Rouv_thetaop_man(h)** en mode Th-B :

En mode Th-B, on ajoute simplement une condition pour que **Rouv_thetaop_man(h)** soit nul en cas d'inoccupation ($i\_occ(h) = 0$).

Si $i\_occ(h) = 0$:

$$Rouv\_thetaop\_man(h) = 0 \quad (245)$$

Sinon le calcul s'effectue comme en gestion manuelle, pour l'algorithme défini au paragraphe précédent.

5.13.3.1.3 Algorithme pour la gestion automatique

La gestion automatique peut être dérogée par les utilisateurs, lorsqu'ils sont présents dans le bâtiment. Dans ce cas, le modèle alors utilisé pour cette dérogation est celui d'une gestion manuelle. Pour la part non dérogée de la baie, la gestion automatique s'applique.

Dans ce cas, l'algorithme est considéré identique à celui de la gestion manuelle, à la différence près que $\theta_{ouv2}(h)$ n'intègre pas la variation en fonction $\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$ et que les valeurs de consignes de gestion sont à définir. Deux modes de définition sont distingués:

- soit on utilise des valeurs par défaut, dans ce cas les mêmes valeurs qu'en gestion manuelles sont utilisées sauf la valeur du paramètre $\Delta\theta_{ext\_int}$ intervenant dans le calcul de $Mod\_ext(h)$ qui est fixée à 2°C,
- soit l'utilisateur fournit ses propres valeurs de consigne de gestion via des tableaux de paramètres distingués selon le type de saison

Dans ces deux cas, les paramètres $Mod\_ext\_auto(h)$ et $Rouv\_\theta_{op\_auto}(h)$ sont alors définis.

Le ratio d'ouverture global $Rouv(h)$ intègre alors la part dérogée et non dérogée de la gestion automatique :

$$Rouv(h) = \left(1 - P_{auto\_nonderog}\right) \cdot i_{occ}(h) \cdot P_{occ} \cdot Cpr(h) \cdot Mod_{ext\_man(h)} \cdot Rouv_{\theta_{op\_man}(h)} + \left(P_{auto\_nonderog}\right) \cdot Mod_{ext\_auto}(h) \cdot Rouv_{\theta_{op\_auto}(h)} \quad (246)$$

Avec $P_{auto\_nonderog}$, la part non dérogée des baies soumises à la gestion automatique. Ce ratio prend en compte la part de locaux fréquentés par les occupants en période d'occupation (P_{occ}), ainsi que le taux d'occupants P_{derog_ouv} appliquant effectivement une dérogation de l'ouverture automatique (selon des facteurs d'accessibilité ou de comportement). Ce dernier paramètre est fixé conventionnellement à 0.5.

En période d'inoccupation, on considère que l'ensemble des baies sont hors dérogation. En période d'occupation, $P_{auto\_nonderog}(h)$ est fonction du taux d'occupation effectif des locaux et de la part de baies dont la dérogation est possible.

Au final :

$$\begin{aligned} &\text{Si } i_{occ\_zone}(h) = 1 \text{ (en occupation),} \\ &\quad P_{auto\_nonderog}(h) = (1 - P_{occ}) + P_{occ} \cdot (1 - P_{derog\_ouv}) \\ &\text{Sinon,} \\ &\quad P_{auto\_nonderog}(h) = 1 \end{aligned} \quad (247)$$

5.13.3.2 *Calcul du débit de surventilation naturelle par ouverture des baies*

A l'issue de la prise en compte de la gestion-régulation de l'ouverture de chacune des baies d'un groupe, le calcul du débit de surventilation global du groupe est réalisé selon les modalités ci-dessous.

5.13.3.2.1 Généralités

Le débit volumique d'air dû à l'ouverture des baies est fonction :

- De la vitesse du vent (valeur prise à 10 m de hauteur),
- Du caractère traversant ou non-du groupe au sens de la surventilation par ouverture des baies,
- D'une hauteur de référence prise pour tenir compte des phénomènes de tirage thermique,
- De la différence entre la température de l'air extérieure et intérieure (prise avec un exposant de 0.5),
- De différentes constantes aérodynamiques, associées au vent et au phénomène de tirage thermique.

5.13.3.2.2 Caractère traversant d'un groupe au sens de la surventilation par ouverture des baies

Le caractère traversant d'un groupe au sens de la surventilation par ouverture des baies n'est pas identique au caractère traversant au sens des circulations d'air horizontales entre locaux. En effet, dans le premier cas, le caractère traversant est lié à la possibilité d'ouvrir les portes intérieures entre deux façades d'orientations différentes. Dans le deuxième cas, un détalonnement des portes intérieures est suffisant.

Le caractère traversant du groupe au sens de la surventilation par ouverture des baies est conventionnel (voir Tableau 43).

La seule exception est le cas d'un groupe associé à l'usage d'habitation – logement collectif. Pour de dernier, δ_{trav_surv} est pris égal à 1 (traversant), ou 0 (non-traversant) selon le caractère (traversant ou non-traversant) du groupe.

N° d'usage	Type d'usage associé	δ_{trav_surv}
1	Maisons individuelles ou accolées	1
2	Logements collectifs	Non-conventionnel
3	Bureaux	0
4	Enseignement primaire	0
5	Enseignement secondaire	0
6	Médiathèques et bibliothèques	0
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	0

9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	0
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	0
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	0
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	0
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	0
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	0
17	Commerces	1
18	Vestiaires seuls	1
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0
20	Etablissements de santé (partie nuit)	0
21	Etablissements de santé (partie jour)	0
22	Aérogares	1
23	Industries ou artisanats 3x8h	1
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	1
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	1
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0
28	Etablissements sportifs privés	1

Tableau 43: relation entre le type d'usage et le caractère traversant du groupe au sens de la surventilation par ouverture des baies

5.13.3.2.3 Valeur de H_{ttf}

H_{ttf} correspond à la différence d'altitude entre le point le plus bas de l'ouverture la plus basse et le plus le plus haut de l'ouverture la plus haute pris en compte pour modéliser les effets de tirage thermique sur les débits d'air par ouverture des fenêtres.

Dans le cas général, H_{ttf} est pris égal à 1,5m.

Deux cas de figure font exception :

- les groupes en usage d'habitation-maison individuelle dont la différence d'altitude entre la partie inférieure de l'ouvrant le plus bas et la partie supérieure de l'ouvrant le plus haut est, pour chaque logement le constituant, supérieure à 4 m. L'utilisateur saisit alors cette valeur, dans la limite de 15m maximum ;

- et les groupes constitués de locaux de grandes hauteurs dont la différence d'altitude entre la partie inférieure de l'ouvrant le plus bas et la partie supérieure de l'ouvrant le plus haut est supérieure à 4 m. L'utilisateur saisit alors la différence d'altitude entre la partie inférieure de l'ouvrant le plus bas et la partie supérieure de l'ouvrant le plus haut du local du groupe dans lequel cette différence est la plus faible, dans la limite de 15m maximum.

5.13.3.2.4 Ratios d'ouverture maximaux en fonction du type de baies

Le ratio d'ouverture maximale R_{ouvmax}^b est une propriété dépendant du type de fenêtre et de son angle maximal d'ouverture. Il correspond au rapport de la surface maximale d'ouverture sur la surface en tableau (surface A^b caractérisant la baie). Les valeurs par défaut suivante peuvent être utilisées. Dans le cas où une partie de la baie est fixe, il convient d'en prendre compte dans la définition du R_{ouvmax} global de la baie.

Type d'ouvrant	Ratio d'ouverture R_{ouvmax}^b
Française et Anglaise Angle d'ouverture de 90°	80%
Italienne et soufflet Angle d'ouverture de 15°	40%
Soufflet D'oscillo-battant Angle d'ouverture de 7°	20%
Coulissant	40%

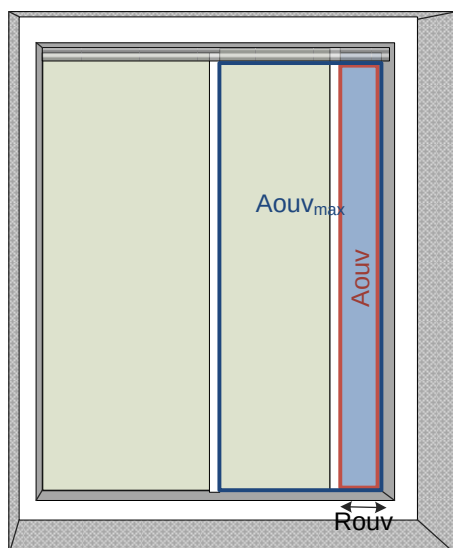
Tableau 44: valeurs par défaut du ratio d'ouverture maximal d'un ouvrant en fonction de son type

5.13.3.2.5 Section d'ouverture de la baie

Dans un premier temps, on évalue les $A_{ouv}^b(h)$ et $A_{ouv}(h)$, la surface d'ouverture totale des baies pour le groupe.

On intègre l'impact de la réduction de section d'ouverture associée à la mise en place de la protection mobile au travers d'un ratio d'ouverture corrigé. Par soucis de simplification, la hauteur de tirage thermique intervenant dans le calcul du débit d'air entrant n'est pas corrigée en fonction de la position de la protection.

Gestion/régulation de l'ouverture des baies:
 R_{ouv} sans prise en compte de la protection



Correction: R_{ouv} est recalculé pour conserver la même section d'ouverture A_{ouv} , en prenant en compte la limitation liée à la protection mobile

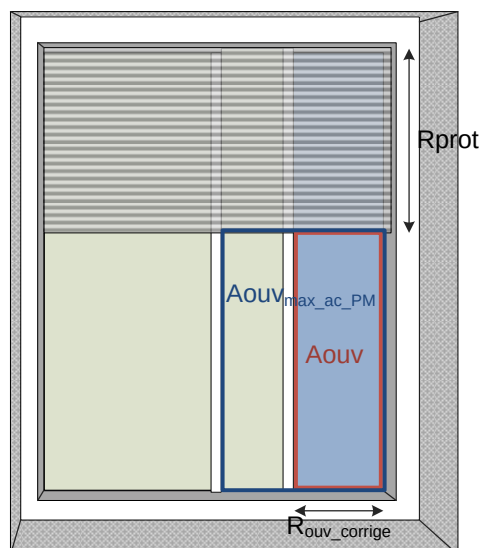


Figure 63: prise en compte de l'interaction entre l'ouverture de la baie et la mise en place d'une protection mobile

$$R_{ouv\_corrige}^b(h) = MIN(1; \frac{R_{ouv}^b(h) \times A_{ouv\_max}^b}{A_{ouv\_max\_ac\_PM}^b(h)}) \quad (248)$$

Note : si $A_{ouv\_max\_ac\_PM}^b(h)$ est nul, on retient : $R_{ouv\_corrige}^b(h) = R_{ouv}^b(h)$

Pour chaque baie d'indice b:

$$Aouv^b(h) = R_{ouv\_corrige}^b(h) \times A_{ouv\ max\_ac\_PM}^b(h) \quad (249)$$

La sommation est ensuite:

$$Aouv(h) = \sum_b Aouv^b(h) \quad (250)$$

5.13.3.2.6 Calcul du débit de surventilation en fonction de la section Aouv

Les modalités de calcul des débits de surventilation $Q_{v-surv-ouv}^{gr}(h)$ dépendent du caractère traversant ou non du groupe considéré.

En non-traversant ($\delta_{trav\_surv} = \text{faux}$) :

Dans le cas d'un groupe d'indice « gr » non-traversant, le débit total de surventilation par les ouvertures est calculé selon la relation suivante :

$$Q_{v,surv,ouv}^{gr}(h) = 3600 \cdot \frac{A_{ouv}(h)}{2} \cdot [MAX(C_w \cdot V_{ventc}(h)^2; C_{st} \cdot Httf \cdot |\theta_{ext}(h) - \theta_{i,fin}(h-1)|)]^{0,5} \quad (251)$$

En traversant ($\delta_{trav\_surv} = \text{vrai}$) :

Dans le cas d'un groupe d'indice « gr » traversant, le débit de surventilation est calculé selon la procédure suivante.

On introduit les sections d'ouverture $A_{ouv_n}(h)$ calculées en regroupement les baies par orientation α de plus ou moins 45° par rapport aux points cardinaux. Ce regroupement n'est effectué que pour les baies d'inclinaison β supérieure ou égale à 60° . En effet, l'ensemble des baies en toiture ($\beta < 60^\circ$) sont considérées conventionnellement comme sous le vent.

La surface équivalente du phénomène traversant S_{ors} est désormais calculée à partir de la relation suivante :

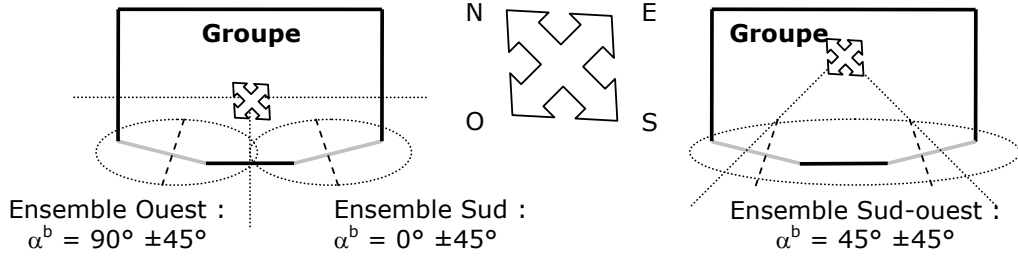
$$S_{ors}(h) = \frac{1}{4} \times \sum_{\substack{n=1 \text{ à } 4 \\ A_{ouv_n}(h) > 0 \\ \beta_n \geq 60^\circ}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{A_{ouv_n}(h)^2} + \frac{1}{(A_{ouv}(h) - A_{ouv_n}(h))^2}}} \right) \quad (252)$$

Note : $S_{ors}(h)$ n'est calculé que sur la base des $A_{ouv_n}(h)$ non-nuls (par hypothèse, il en existe au moins 2).

Le calcul de S_{ors} est effectué pour deux distributions de points cardinaux décalées de 45° l'une par rapport à l'autre, conventionnellement N-E-S-O et NE-SE-SO-NO. Le cas de figure aboutissant à la valeur de S_{ors} la plus basse est retenue pour la modélisation.

Cette précaution revient en fait à analyser l'impact du caractère traversant du groupe selon deux directions de vent décalées de 45° , et retenir celle qui minimise les débits de surventilation par ouverture des baies.

Voici un exemple de justification de la précaution prise :



Pour la première configuration, deux ensembles sont différenciés, alors que les baies des ensembles Ouest et Sud ont une différence d'orientation de quelques degrés seulement. L'effet de circulation d'air traversante entre ces deux baies n'est pas significatif dans la pratique. La méthode retient donc le cas de droite, constitué d'un seul ensemble, qui correspond à un coefficient correctif de 1. Cet exemple met en avant l'intérêt de réaliser le calcul pour deux distributions

Au final, l'algorithme à utiliser pour le calcul de S_{ors} est le suivant :

S'il y a au moins une baie,

Pour l'indice k allant de 1 à 2,

Pour l'indice n allant de 1 à 4,

$$Aouv_n = 0$$

$$\alpha_{ref} = (k-1) \times 45^\circ + (n-1) \times 90^\circ$$

$$\alpha_{haut} = \alpha_{ref} + 45^\circ$$

$$\alpha_{bas} = \alpha_{ref} - 45^\circ$$

Pour chaque baie d'indice b :

Si ($\alpha^b \geq \alpha_{bas}$ et $\alpha^b < \alpha_{haut}$) et $\beta^b < 60^\circ$, alors,

$$Aouv_n = Aouv_n + Aouv^b$$

(253)

Fin de la boucle sur les baies du groupe.

Fin de la boucle « Pour n de 1 à 4 ».

$$S_{ors,k} = \frac{1}{4} \times \sum_{\substack{n=1 \text{ à } 4 \\ Aouv_n(h) > 0}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Aouv_n(h)^2} + \frac{1}{(Aouv(h) - Aouv_n(h))^2}}} \right)$$

Fin de la boucle « Pour k de 1 à 2 ».

$$S_{ors}(h) = \text{MIN}(S_{ors,k=1} ; S_{ors,k=2})$$

Le débit volumique $Q_{v\_surv\_ouv}^{gr}(h)$ est calculé de la manière suivante :

$$Q_{v\_surv\_ouv}^{gr}(h) = 3600 \cdot \text{MAX} \left(C_{dgo} \cdot S_{ors}(h) \cdot \text{MIN}(V_{ventc}(h); V_{ventmax}) \cdot dCp^{0,5}; \frac{A_{ouv}(h)}{2} \cdot (C_{st} \cdot H_{ttf} \cdot |\theta_{ext}(h) - \theta_{i,fin}(h - 1)|)^{0,5} \right) \quad (254)$$

Où :

- C_{dgo} est le coefficient de décharge associé aux grandes ouvertures, pris conventionnellement égal à 0,6.
- dCp est la différence de coefficients de pressions entre les façades au vent et sous le vent, pris conventionnellement égale à 0,75. **Note** : cette valeur correspond à groupe dont les baies de hauteur inférieure 15m par rapport au sol, pour un site d'exposition au vent normale,

- $V_{ventmax}$, la vitesse de vent maximale prise en compte dans le calcul des débits traversant, égale à 3 m/s.

5.13.3.3 *Calcul du débit massique d'air entrant*

On exprime tout d'abord la masse volumique de l'air entrant:

$$\rho_{ext}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{ext}(h))} \quad (255)$$

Dans le cas d'un groupe avec ventilation naturelle par aération, par cohérence, un seul débit entrant d'ouverture des baies est pris en compte dans la modélisation thermique. Ce débit est pris égal au maximum des débits d'aération et du débit de surventilation naturelle.

Ainsi:

$$Q_{ma}^j(h) = MAX \left(\frac{Q_{v-surv-ouv}^{gr}(h)}{3600} \times \rho_{ext}, \sum_{s \in gr} q_{m-aeration}^{gr,s}(h) \right) \quad (256)$$

Il s'agit d'un débit d'air en provenance de l'extérieur.

5.14C_BAT_ensemble_baies

5.14.1 INTRODUCTION

La fiche algorithme « ensemble baies » a pour objectif de collecter toutes les données relatives à chaque élément baie (comme les flux solaires et lumineux transmis au groupe à travers chaque baie, le ratio d'ouverture maximale de chaque baie, etc.) et de les sommer au niveau du groupe.

5.14.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 45 donne la nomenclature des différentes variables de l'ensemble baies.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Baie	$I_{sr,b}$	Rayonnement solaire global atteignant la baie vitrée b	W/m ²			
	$Hg_{es,b}(h)$	Facteur de transmission thermique global pour la baie vitrée b entre les environnements intérieurs et extérieurs	W/K			
	$FS_{1,b}$	Flux de chaleur transmis par la baie vitrée b au groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde	W			
	$FS_{2,b}$	Flux de chaleur transmis par la baie vitrée b au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif	W			
	$FS_{3,b}$	Flux de chaleur transmis par la baie vitrée b au groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure)	W			
	$F_{tvc,b}$	Flux transmis dû au rayonnement froid vers la voute céleste	W			
	$Flt_{1,b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b, sous forme directe, la valeur de n est relative au type de baie 0, 1, 2	lumen			
	$Flt_{2,b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme diffuse la valeur de n est relative au type de baie 0, 1, 2	lumen			
	$Flt_{3,b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme réfléchie la valeur de n est relative au type de baie 0, 1, 2	lumen			
	α_b	Orientation de la baie d'indice b, sous forme d'angle en ° (0° pour le sud, 90° l'ouest, 270° l'est, et 180° le nord).	°			
$\overline{O}$	IMOIS	Le numéro du mois	-			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$b(n)$	Indice indiquant qu'il s'agit de la baie vitrée b de type n. N prenant des valeurs de 0 à 2. La distinction des baies par type n'est nécessaire que pour l'éclairage naturel	-	-	-	-
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	$Hg_{es}(h)$	Facteur de transmission thermique global pour l'ensemble des baies du groupe entre les environnements intérieurs et extérieurs	W/K			

Fs_1	Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies du groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde	W
Fs_2	Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies du groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif	W
Fs_3	Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies du groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure)	W
F_{tvc}	Flux transmis dû au rayonnement froid vers la voute céleste pour l'ensemble des baies du groupe	W
$Flt_{1(0)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme directe par l'ensemble des baies de type 0, c'est à dire les baies verticales ou horizontales contribuant à l'éclairement naturel d'un grand volume non éclairé de façon uniforme.	lumen
$Flt_{1(1)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme directe par l'ensemble des baies de type 1, c'est à dire les baies horizontales uniformément réparties pour un local de grand volume	lumen
$Flt_{1(2)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme directe par l'ensemble des baies de type 2, c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes.	lumen
$Flt_{2(0)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme hémisphérique par l'ensemble des baies de type 0, c'est à dire les baies verticales ou horizontales contribuant à l'éclairement naturel d'un grand volume non éclairé de façon uniforme.	lumen
$Flt_{2(1)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme hémisphérique par l'ensemble des baies de type 1, c'est à dire les baies horizontales uniformément réparties pour un local de grand volume	lumen
$Flt_{2(2)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme hémisphérique par l'ensemble des baies de type 2, c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes.	lumen
$Flt_{3(0)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme semi hémisphérique orienté vers le plafond par l'ensemble des baies de type 0, c'est à dire les baies verticales ou horizontales contribuant à l'éclairement naturel d'un grand volume non éclairé de façon uniforme.	lumen
$Flt_{3(1)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme semi-hémisphérique orienté vers le plafond par l'ensemble des baies de type 1, c'est à dire les baies horizontales uniformément réparties pour un local de grand volume	lumen
$Flt_{3(2)}$	Flux lumineux transmis au groupe sous forme semi-hémisphérique orienté vers le plafond par l'ensemble des baies de type 2, c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes.	lumen
$Part_{baies\_sud}$	Pourcentage de baies du groupe orientées au sud (azimut $\alpha = 0^\circ$)	-
$Part_{baies\_nord}$	Pourcentage de baies du groupe orientées au nord (azimut $\alpha = 180^\circ$)	-
$Part_{baies\_ouest}$	Pourcentage de baies du groupe orientées à l'ouest (azimut $\alpha = 90^\circ$)	-
$Part_{baies\_est}$	Pourcentage de baies du groupe orientées à l'est (azimut $\alpha = 270^\circ$)	-
$Part_{baies\_horiz}$	Pourcentage de baies horizontales du groupe (orientation $\beta = 0^\circ$)	-

A_{baies}^{gr}	Surface totale des baies du groupe	m ²
$A_{baies-v}^{gr}$	Surface totale des baies verticales du groupe	m ²
$A_{baies-h}^{gr}$	Surface totale des baies horizontales du groupe	m ²
$A_{baies-sud}^{gr}$	Surface de baies du groupe orientées Sud	m ²
$A_{baies-nord}^{gr}$	Surface de baies du groupe orientées Nord	m ²
$A_{baies-ouest}^{gr}$	Surface de baies du groupe orientées Ouest	m ²
$A_{baies-est}^{gr}$	Surface de baies du groupe orientées Est	m ²

Variables internes

Nom	Description	Unité

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 45 : Nomenclature du modèle

5.14.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.14.3.1 **Calcul du coefficient de transfert thermique global de l'ensemble des baies du groupe**

$$Hg_{es} = \sum_{b \in \text{groupe}} Hg_{es,b} \quad (257)$$

5.14.3.2 **Calcul des flux de chaleur totaux transmis au groupe**

1. Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies vitrées du groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde :

$$Fs1 = \sum_{b \in \text{groupe}} Fs1,b \quad (258)$$

2. Flux de chaleur transmis par la baie vitrée au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif :

$$Fs2 = \sum_{b \in \text{groupe}} Fs2,b \quad (259)$$

3. Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies vitrées du groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure) :

$$Fs3 = \sum_{b \in \text{groupe}} Fs3,b \quad (260)$$

4. Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies vitrées du groupe, dû au rayonnement froid vers la voute céleste :

$$Ftvc = \sum_{b \in \text{groupe}} Ftvc,b \quad (261)$$

5.14.3.3 **Calcul des flux lumineux transmis au groupe**

Nous distinguons les flux lumineux transmis au groupe, selon le type de baie.

5.14.3.3.1 **Flux lumineux entrant sous forme directe**

1. $Flt1(0)$: flux lumineux transmis sous forme directe (en provenance du direct hors composantes due au diffusé par la protection) au groupe par l'ensemble des baies de type 0 (baie verticale ou horizontale appartenant à un local de grand volume dont la répartition des baies horizontales n'est pas uniforme et ne permet pas d'avoir un éclairage uniforme du local)

$$Flt1(0) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt1,b(0) \quad (262)$$

2. $Flt1(1)$: flux lumineux transmis sous forme directe (en provenance du direct hors composantes due au diffusé par la protection) au groupe par l'ensemble des baies de type 1

(baie horizontale qui contribue à l'éclairement uniforme des locaux de grand volume du groupe)

$$Flt1(1) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt1,b(1) \quad (263)$$

3. Flt1(2) : flux lumineux transmis sous forme directe (en provenance du direct hors composantes due au diffusé par la protection) au groupe par l'ensemble des baies de type 2 (baie verticale ou horizontale d'un volume normal)

$$Flt1(2) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt1,b(2) \quad (264)$$

5.14.3.3.2 Flux lumineux entrant sous forme hémisphérique

1. Flt2(0) : Flux lumineux transmis sous forme hémisphérique au groupe par l'ensemble des baies de type 0 (baie verticale ou horizontale appartenant à un local de grand volume dont la répartition des baies horizontales n'est pas uniforme et ne permet pas d'avoir un éclairage uniforme du local)

$$Flt2(0) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt2,b(0) \quad (265)$$

2. Flt2(1) : Flux lumineux transmis sous forme hémisphérique au groupe par l'ensemble des baies de type 1 (baie horizontale qui contribue à l'éclairement uniforme des locaux de grand volume du groupe)

$$Flt2(1) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt2,b(1) \quad (266)$$

3. Flt2(2) : Flux lumineux transmis sous forme hémisphérique au groupe par l'ensemble des baies de type 2 (baie verticale ou horizontale d'un volume normal)

$$Flt2(2) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt2,b(2) \quad (267)$$

5.14.3.3.3 Flux lumineux entrant sous forme semi hémisphérique orienté vers le plafond

1. Flt3(0) : flux lumineux transmis sous forme demi-hémisphérique (en provenance du sol et en direction du plafond, hors composante due au flux diffusé par la protection) au groupe par l'ensemble des baies de type 0 (baie verticale ou horizontale appartenant à un local de grand volume dont la répartition des baies horizontales n'est pas uniforme et ne permet pas d'avoir un éclairage uniforme du local)

$$Flt3(0) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt3, b(0) \quad (268)$$

2. Flt3(1) : flux lumineux transmis sous forme demi-hémisphérique (en provenance du sol et en direction du plafond, hors composante due au flux diffusé par la protection) au groupe par l'ensemble des baies de type 1 (baie horizontale qui contribue à l'éclairement uniforme des locaux de grand volume du groupe)

$$Flt3(1) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt3, b(1) \quad (269)$$

3. Flt3(2) : flux lumineux transmis sous forme demi-hémisphérique (en provenance du sol et en direction du plafond, hors composante due au flux diffusé par la protection) au groupe par l'ensemble des baies de type 2 (baie verticale ou horizontale d'un volume normal)

$$Flt3(2) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type\_baie\_l}=0}} Flt3, b(2) \quad (270)$$

5.14.3.4 *Calculs divers au niveau du groupe*

5.14.3.4.1 Calcul du pourcentage de baies verticales d'un groupe ayant une orientation Sud

On considère qu'une paroi vitrée verticale a une orientation Sud si $-45^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$

$$part_{baies\_sud} = \frac{\sum_{\substack{-45^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab}{\sum_{\substack{\alpha \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab} \quad (271)$$

5.14.3.4.2 Calcul de la surface de baies verticales au Sud

$$A_{baies-sud}^{gr} = Part_{baies-sud} * A_{baies}^{gr} \quad (272)$$

5.14.3.4.3 Calcul du pourcentage de baies verticales d'un groupe ayant une orientation nord

On considère qu'une paroi vitrée verticale a une orientation nord si $135^\circ \leq \alpha \leq 225^\circ$

$$part_{baies\_nord} = \frac{\sum_{\substack{135^\circ \leq \alpha \leq 225^\circ \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab}{\sum_{\substack{\alpha \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab} \quad (273)$$

5.14.3.4.4 Calcul de la surface de baies verticales au nord

$$A_{baies-nord}^{gr} = Part_{baies-nord} * A_{baies}^{gr} \quad (274)$$

5.14.3.4.5 Calcul du pourcentage de baies verticales d'un groupe ayant une orientation Ouest

On considère qu'une paroi vitrée verticale a une orientation ouest si $45^\circ < \alpha < 135^\circ$

$$part_{baies-ouest} = \frac{\sum_{\substack{45^\circ < \alpha < 135^\circ \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab}{\sum_{\substack{\alpha \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab} \quad (275)$$

5.14.3.4.6 Calcul de la surface de baies verticales à l'ouest

$$A_{baies-ouest}^{gr} = Part_{baies-ouest} * A_{baies}^{gr} \quad (276)$$

5.14.3.4.7 Calcul du pourcentage de baies verticales d'un groupe ayant une orientation Est

On considère qu'une paroi vitrée verticale a une orientation Est si $225^\circ < \alpha < 315^\circ$

$$part_{baies-est} = \frac{\sum_{\substack{225^\circ < \alpha < 315^\circ \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab}{\sum_{\substack{\alpha \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab} \quad (277)$$

5.14.3.4.8 Calcul de la surface de baies verticales à l'est

$$A_{baies-est}^{gr} = Part_{baies-est} * A_{baies}^{gr} \quad (278)$$

5.14.3.4.9 Calcul de la surface totale des parois vitrées verticales du groupe

$$A_{baies-v}^{gr} = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab \quad (279)$$

5.14.3.4.10 Calcul du pourcentage de baies horizontales d'un groupe

On considère qu'une paroi vitrée est horizontale si $\beta = 0^\circ$

$$part_{baies\_horiz} = \frac{\sum_{\beta=0^{\circ}} Ab}{\sum Ab} \quad (280)$$

5.14.3.4.11 Calcul de la surface totale des parois vitrées horizontales du groupe

$$A_{baies-h}^{gr} = \sum_{\substack{b \in groupe \\ \beta_b < 60^{\circ}}} Ab \quad (281)$$

5.14.3.4.12 Calcul de la surface totale des parois vitrées du groupe

$$A_{baies}^{gr} = A_{baies-v}^{gr} + A_{baies-h}^{gr} \quad (282)$$

5.15 S1_BAT_assemblage_parois opaques

5.15.1 INTRODUCTION

Trois fiches algorithmes liées aux parois opaques sont assemblées

- la fiche C_BAT_paro opaque (calcul des flux solaire et lumineux transmis au groupe, calcul du rayonnement vers la voûte céleste, calcul du coefficient de transmission thermique global),
- la fiche C_EEX_environnement_proche pour le calcul des flux solaires et lumineux incidents en tenant compte des masques proches et lointains, et le calcul de la densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi,
- la fiche C_BAT_ensemble_parois opaques.

5.15.2 NOMENCLATURE

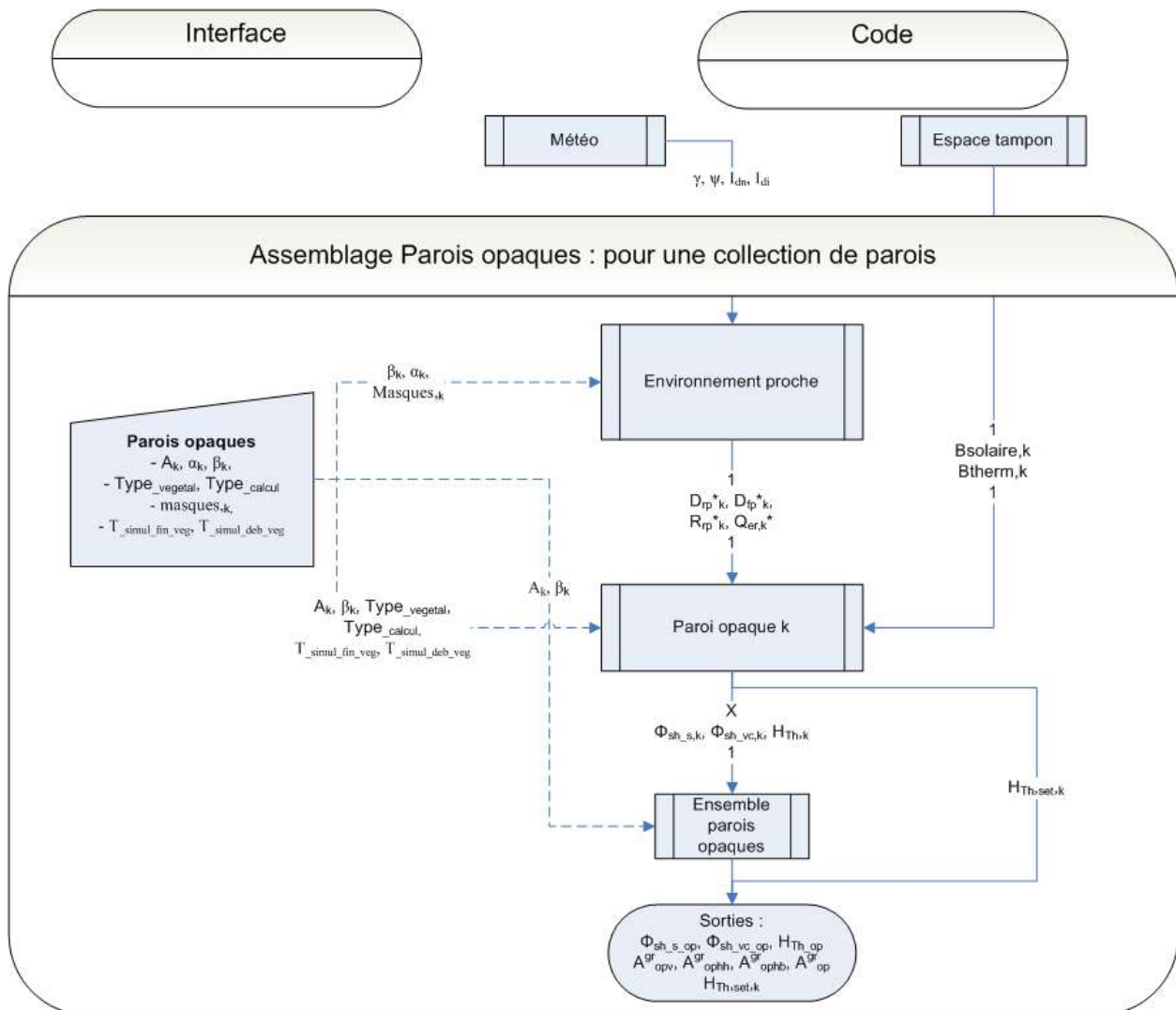
Le Tableau 46 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux parois opaques.

Entrées du système						
Nom		Description	Unité			
M	I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m²			
é	I_{di}	Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m²			
t	ψ	Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	rd			
é	γ	Hauteur du soleil	rd			
o						
E	$b_{therm,k}$	Coefficient de réduction des déperditions par la paroi opaque k due à la présence de l'espace tampon i	-			
-						
T	$b_{solaire,k}$	Coefficient de réduction des apports solaires par la paroi opaque k due à la présence de l'espace tampon i	-			
Paramètres d'intégration du système						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv.
		Environnement proche : voir fiche environnement proche				
		Parois opaques : voir fiche paroi opaque				
		Ensemble parois opaques : voir fiche ensemble parois opaques				
Sorties						
Nom		Description	Unité			
$\phi_{sh\_s\_op}$		Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers l'ensemble des parois opaques	W			
$\phi_{sh\_vc\_op}$		Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers l'ensemble des parois opaques	W			
H_{Th_op}		Coefficient de transmission thermique global de l'ensemble des parois opaques entre l'extérieur et l'intérieur	W/K			
A^{gr}_{opv}		Surface des parois déperditives opaques verticales du groupe	m²			
A^{gr}_{ophh}		Surface des parois déperditives opaques horizontale (toiture) du groupe	m²			
A^{gr}_{ophb}		Surface des parois déperditives opaques horizontale du groupe tournée vers le bas	m²			
A^{gr}_{op}		Surface totale des parois déperditives opaques du groupe	m²			
Variables internes						
Nom		Description	Unité			

Tableau 46 : Nomenclature du modèle

5.15.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Le schéma de la figure ci-dessous présente l'organisation des composants pour l'ensemble des parois opaques d'un groupe.



La fiche C_EEX_environnement_proche calcule les rayonnements solaires atteignant la paroi compte tenu de la présence possible de masques proches et/ou lointains.

Ces rayonnements sont alors utilisés par C_BAT_pari opaque pour déterminer le flux de chaleur dû au rayonnement solaire ainsi que le flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe par la paroi. Est déterminé également le coefficient de transmission thermique global de la paroi.

La présence d'un espace tampon est prise en compte par des coefficients de réduction des déperditions et des apports solaires.

5.16 C_BAT_ensemble_parois opaques

5.16.1 INTRODUCTION

Cette fiche calcule les propriétés de l'ensemble des parois opaques ainsi que la surface totale des parois opaques du groupe.

5.16.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 47 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux parois opaques.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
$\phi_{sh\_s,k}$	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers la paroi opaque k	W	
$\phi_{sh\_vc,k}$	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers la paroi opaque k	W	
$H_{Th,k}$	Coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
β_k	Inclinaison de la paroi opaque k (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale, 180° : horizontal vers le bas)	°	
A_k	Surface de la paroi k	m ²	
Sorties			
Nom	Description	Unité	
ϕ_{sh_s}	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers l'ensemble des parois opaques	W	
ϕ_{sh_vc}	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers l'ensemble des parois opaques	W	
H_{Th}	Coefficient de transmission thermique global de l'ensemble des parois opaques entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
$H_{gr\_Th\_v}$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques verticales du groupe entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
$H_{gr\_Th\_hh}$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques du groupe horizontales vers le haut entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
$H_{gr\_Th\_hb}$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques du groupe horizontales vers le bas entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
A_{gr_opv}	Surface des parois déperditives opaques verticales du groupe	m ²	
A_{gr_ophh}	Surface des parois déperditives opaques horizontales tournée vers le haut du groupe	m ²	
A_{gr_ophb}	Surface des parois déperditives opaques horizontales tournée vers le bas du groupe	m ²	
A_{gr_op}	Surface totale des parois déperditives opaques du groupe	m ²	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv

Tableau 47 : Nomenclature du modèle

5.16.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.16.3.1 *Calcul du coefficient de transfert thermique global de l'ensemble des parois opaques du groupe*

$$HT_h = \sum_{k \in \text{groupe}} HT_{h,k} \quad (283)$$

5.16.3.2 *Calcul du flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe*

$$\phi_{sh_s} = \sum_{k \in \text{groupe}} \phi_{sh_s,k} \quad (284)$$

5.16.3.3 *Calcul du flux dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe*

$$\phi_{sh_{vc}} = \sum_{k \in \text{groupe}} \phi_{sh_{vc},k} \quad (285)$$

5.16.3.4 *Surface totale des parois opaques du groupe*

$$A_{op}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k \quad (286)$$

5.16.3.5 Surface et coefficients de transfert thermique des parois opaques du groupe par inclinaison

$$\begin{aligned}
 & \text{si } 60^\circ \leq \beta_k \leq 120^\circ \text{ (paroi verticale)} \\
 & A_{opv}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k \\
 & H_{Th_{opv}}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} H_{Th\_k} \\
 & \text{si } \beta_k < 60^\circ \text{ (parois horizontale vers le haut)} \\
 & A_{opvh}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k \\
 & H_{Th_{opvh}}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} H_{Th\_k} \\
 & \text{sin o n (paroi horizontale vers le bas)} \\
 & A_{ophb}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k \\
 & H_{Th_{ophb}}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} H_{Th\_k}
 \end{aligned} \tag{287}$$

5.17 C_BAT_paroï opaque

5.17.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme concerne les paramètres de description d'une paroi opaque et les calculs effectués au niveau de la paroi opaque, à savoir :

- Calcul du flux solaire et du rayonnement de la voûte céleste transmis au groupe à travers la paroi,
- Calcul du coefficient de transfert thermique global $H_{Th,k}$.

5.17.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 48 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de paroi opaque.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
T _{FD}	Drp*	Rayonnement direct atteignant la paroi	W/m²			
	Dfp*	Rayonnement diffus atteignant la paroi	W/m²			
	Rrp*	Rayonnement réfléchi atteignant la paroi	W/m²			
	Q _{er} *	Densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi	W/m²			
	b _{therm,k}	Coefficient de réduction des déperditions par la paroi opaque k due à la présence d'un espace tampon	-			
	b _{solaire,k}	Coefficient de réduction des apports solaires par la paroi opaque k due à la présence d'un espace tampon i	-			
	iS _{confort_ada ptatif(j)}	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1: en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif	Ent			
	Paramètres intrinsèques du composant					
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	S _{f-c,k}	Facteur solaire de la paroi opaque k pour le calcul du Cep (paroi non végétalisée)	-	0	1	-
	S _{f-e,k}	Facteur solaire de la paroi opaque k pour le calcul de DH (paroi non végétalisée)	-	0	1	-
	S _{f-c,v,k}	Facteur solaire de la paroi opaque k pour le calcul du Cep (toiture végétalisée)	-	0	1	-
	S _{f-e,v,k}	Facteur solaire de la paroi opaque k pour le calcul de DH(toiture végétalisée)	-	0	1	-
	U _k	Coefficient de transmission thermique de la paroi k	W/m²K	0	+∞	-
	Incl _k	1 : parois verticale, 2 : paroi horizontale flux ascendant, 3 : paroi horizontale flux descendant	-	-	-	-
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	A _k	Surface de la paroi k	m²	0	+∞	
	Type _{vegetal}	0 : non végétalisé, 1 : végétalisé	-	0	1	
	Type _{calcul}	0 : calcul de Cep, 1 : calcul de Tic	-	0	1	
	β	Inclinaison de la paroi opaque k (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale, 180° : horizontal vers le bas)	°	0°	180°	
	T _{simul_déb_veg}	Heure de simulation à partir de laquelle on considère une toiture végétalisée couverte de végétation (début de saison végétative)	h	0	8760	2161
	T _{simul_fin_veg}	Heure de simulation à partir de laquelle on considère une toiture végétalisée sans végétation (fin de saison végétative)	h	0	8760	6553

Sorties			
Nom	Description	Unité	
$\phi_{sh\_s,k}$	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers la paroi opaque k	W	
$\phi_{sh\_vc,k}$	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers la paroi opaque k	W	
$H_{TH,k}$	Coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
$H_{TH\_set,k}$	Coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur en l'absence d'espace tampon	W/K	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
k	Indice indiquant qu'il s'agit de paroi opaque k	W/m ²	
$S_{f,k}$	Facteur solaire de la paroi opaque k	-	
$U_{k\_ \beta}$	Coefficient de transmission thermique de la paroi opaque k dans sa position réelle en œuvre	W/m ² K	
R_{thk}	Résistance thermique de la paroi k	m ² .K/W	
$U_{vert,k}$	Coefficient de transmission thermique de la paroi k en position verticale	W/m ² K	
$U_{horiz,asc,k}$	Coefficient de transmission thermique de la paroi k en position horizontale flux ascendant	W/m ² K	
$U_{horiz,des,k}$	Coefficient de transmission thermique de la paroi k en position horizontale flux descendant	W/m ² K	
$b_{voute,k}$	Coefficient de réduction des échanges avec la voûte céleste par la paroi opaque k due à la présence d'espace tampons	-	
$I_{sr,k}$	Rayonnement solaire global atteignant la paroi opaque k	W/m ²	
$f_{ce,k}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
h_e	Coefficient d'échange global (convectif+radiatif) extérieur	W/m ² K	25,0
β_1	Inclinaison de la paroi k en-dessous de laquelle on considère la paroi horizontale flux ascendant	°	30
β_2	Inclinaison de la paroi k au-dessus de laquelle on considère la paroi verticale	°	60
β_3	Inclinaison de la paroi k en-dessous de laquelle on considère la paroi verticale	°	120
β_4	Inclinaison de la paroi k au-dessus de laquelle on considère la paroi horizontale flux descendant	°	150

Tableau 48 : Nomenclature des différentes variables du modèle de paroi opaque

5.17.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.17.3.1 Calcul du rayonnement solaire global

Le rayonnement solaire global atteignant la paroi opaque k s'écrit :

$$I_{sr,k} = Drp * + Dfp * + Rrp * \quad (288)$$

5.17.3.2 Prise en compte des espaces tampons

Une paroi opaque peut être en contact avec un espace tampon. L'effet de la présence de l'espace tampon est une réduction des échanges au travers de la paroi traduite par les coefficients $b_{therm,k}$, $b_{solaire,k}$, $b_{voute,k}$.

On fait l'hypothèse que l'espace tampon bloque les échanges de la paroi k avec la voûte céleste, ainsi :

$$b_{voute,k} = 0$$

5.17.3.3 Calcul du flux solaire transmis au groupe

Le flux solaire global absorbé par la paroi opaque k et transmis au groupe s'écrit :

$$\Phi_{sh_s,k} = A_k \cdot S_{f,k} \cdot I_{sr,k} \cdot b_{solaire,k} \quad (289)$$

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e », $f_{ce,k}(h)$, variable au cours du temps :

En calculs Th-B ou Th-C:

$$f_{ce,k}(h) = 1 \quad (290)$$

En calculs Th-D:

$$f_{ce,k}(\square h) = 1 - is_{confort\_adaptatif}(j) \quad (291)$$

En modes Th-B, Th-C et Th-D, dans le cas général, le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable à chaque pas de temps de simulation h . Il est calculé de la manière suivante :

$$S_{f,k}(\square h) = f_{ce,k}(\square h) \cdot S_{f-c,k} + [1 - f_{ce,k}(\square h)] \cdot S_{f-e,k} \quad (292)$$

En modes Th-B, Th-C et Th-D, dans le cas particulier où la paroi est végétalisée ($Type_{végétal} = \ll 1 : végétalisée \gg$) et que le jour j n'est pas inclus dans la période de repos végétatif ($h > Tsimul\_deb\_veg$ ET $h < Tsimul\_fin\_veg$) :

$$S_{f,k}(\square h) = f_{ce,k}(\square h) \cdot S_{f-v,c,k} + [1 - f_{ce,k}(\square h)] \cdot S_{f-v,e,k} \quad (293)$$

5.17.3.4 Calcul du Coefficient de transmission thermique global

Calcul du coefficient de transmission thermique de la paroi k selon Incl_k

Si Incl_k = 1 Rth_k = 1/U_k – 0,17
 Sinon si Incl_k = 2 Rth_k = 1/U_k – 0,14
 Sinon si Incl_k = 3 Rth_k = 1/U_k – 0,21

$U_{\text{vert},k} = 1 / (R_{\text{th},k} + 0,17)$
 $U_{\text{horiz,asc},k} = 1 / (R_{\text{th},k} + 0,14)$
 $U_{\text{horiz,des},k} = 1 / (R_{\text{th},k} + 0,21)$

Le coefficient de transmission thermique U_k est calculé en tenant compte de l'inclinaison de la paroi, sur le principe du schéma suivant :

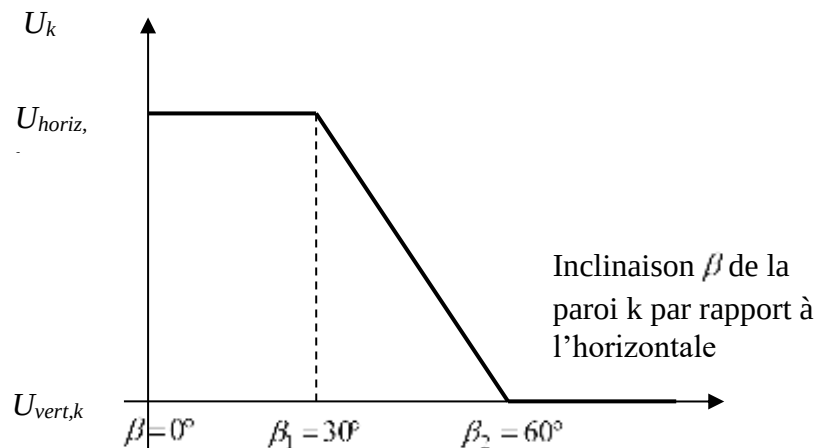


Figure 64 : Evolution du coefficient de transmission thermique de la paroi en fonction de son inclinaison

Où β est l'angle, exprimé en degré, entre l'horizontale et le plan de la paroi.

Ainsi, pour la paroi k :

- si $0^\circ \leq \beta < \beta_1$, la paroi est supposée horizontale flux ascendant

$$U_{k,\beta} = U_{\text{horiz,asc},k}$$

- si $\beta_1 \leq \beta < \beta_2$, le coefficient de transmission thermique est calculé par interpolation linéaire entre la position horizontale et la position verticale

$$U_{k,\beta} = \frac{U_{\text{vert},k} - U_{\text{horiz,asc},k}}{\beta_2 - \beta_1} \cdot \beta + \frac{\beta_2 \cdot U_{\text{horiz,asc},k} - \beta_1 \cdot U_{\text{vert},k}}{\beta_2 - \beta_1} \quad (294)$$

- si $\beta_2 \leq \beta < \beta_3$, la paroi est supposée verticale

$$U_{k,\beta} = U_{\text{vert},k}$$

- si $\beta_3 \leq \beta < \beta_4$, le coefficient de transmission thermique est calculé par interpolation linéaire entre la position horizontale flux descendant et la position verticale

$$U_{k,\beta} = \frac{U_{\text{vert},k} - U_{\text{horiz,des},k}}{\beta_4 - \beta_3} \cdot \beta + \frac{\beta_4 \cdot U_{\text{horiz,des},k} - \beta_3 \cdot U_{\text{vert},k}}{\beta_4 - \beta_3}$$

- si $\beta_4 \leq \beta \leq 180^\circ$, la paroi est supposée horizontale flux descendant

$$U_{k,\beta} = U_{\text{horiz,des},k}$$

Le coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur s'écrit :

$$H_{TH,k} = A_k \cdot b_{therm,k} \cdot U_{k_{\beta}} \quad (295)$$

Le coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur en l'absence d'espace tampon s'écrit :

$$H_{TH_{set},k} = A_k \cdot U_{k_{\beta}} \quad (296)$$

5.17.3.5 ***Calcul du flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste***

Le flux de chaleur transmis au groupe dû au rayonnement froid de la voûte céleste s'écrit :

$$\Phi_{sh_{vc},k} = A_k \cdot b_{voute,k} \left(Q_{er}^* \cdot \frac{U_{k_{\beta}}}{h_e} \right) \quad (297)$$

5.18 S1_BAT_assemblage_ponts_thermiques

5.18.1 INTRODUCTION

Trois fiches algorithmes liées aux ponts thermiques sont assemblées

- la fiche C_BAT_pont thermique (calcul des flux solaires et lumineux transmis au groupe, calcul du rayonnement vers la voûte céleste, calcul du coefficient de transmission thermique global),
- la fiche C_EEX_environnement_proche pour le calcul des flux solaires et lumineux incidents en tenant compte des masques proches et lointains, et le calcul de la densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste,
- la fiche C_BAT_ensemble_ponts_thermiques.

5.18.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 49 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux ponts thermiques.

Entrées du système						
M é t é o	Nom	Description	Unité			
	I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m ²			
	I_{di}	Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m ²			
	ψ	Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	rd			
	γ	Hauteur du soleil	rd			
	E - T	$b_{therm,i}$	Coefficient de réduction des déperditions par le pont thermique i due à la présence de l'espace tampon	-		
$b_{solaire,i}$		Coefficient de réduction des apports solaires par le pont thermique i due à la présence de l'espace tampon i	-			
Paramètres d'intégration du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
		Environnement proche : voir fiche environnement proche				
		Parois opaques : voir fiche parois opaques				
		Ensemble ponts thermiques : voir fiche ensemble ponts thermiques				
	Nivea	Type de prise en compte des ponts thermiques :				
	U_detai	- 0 : calcul détaillé avec les orientations				
	I_calcul	- 1 : calcul simplifié, répartition uniforme				
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	$\phi_{sh\_s\_pt}$	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers l'ensemble des ponts thermiques	W			
	$\phi_{sh\_vc\_pt}$	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers l'ensemble des ponts thermiques	W			
	H_{Th_pt}	Coefficient de transmission thermique global de l'ensemble des ponts thermiques entre l'extérieur et l'intérieur	W/K			
	L_{gr_pt}	Longueur des ponts thermiques déperditifs verticaux du groupe	m ²			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité			
Constantes						
	Nom	Description	Unité	Conv.		

Tableau 49 : Nomenclature du modèle

5.18.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Les ponts thermiques peuvent être saisis de deux manières différentes, dites « simplifiée » (*Niveau_detail_calcul* = 1) ou « détaillée » (*Niveau_detail_calcul* = 0).

1. Pour la description détaillée, l'utilisateur saisit l'ensemble des paramètres des ponts thermiques comme décrit dans la fiche C_BAT_pont thermique.
2. L'utilisateur peut aussi opter pour une description simplifiée. Dans ce cas, les paramètres d'intégration suivants ne sont pas renseignés :
 - α , défini dans l'environnement proche,
 - β , défini dans l'environnement proche,
 - Il n'y alors ni masques ni espaces tampons associés.

Parmi les paramètres d'intégration concernés, seule la longueur est saisie par l'utilisateur. Le comportement du pont thermique est alors modélisé par **4 ponts thermiques différents** orientés respectivement par :

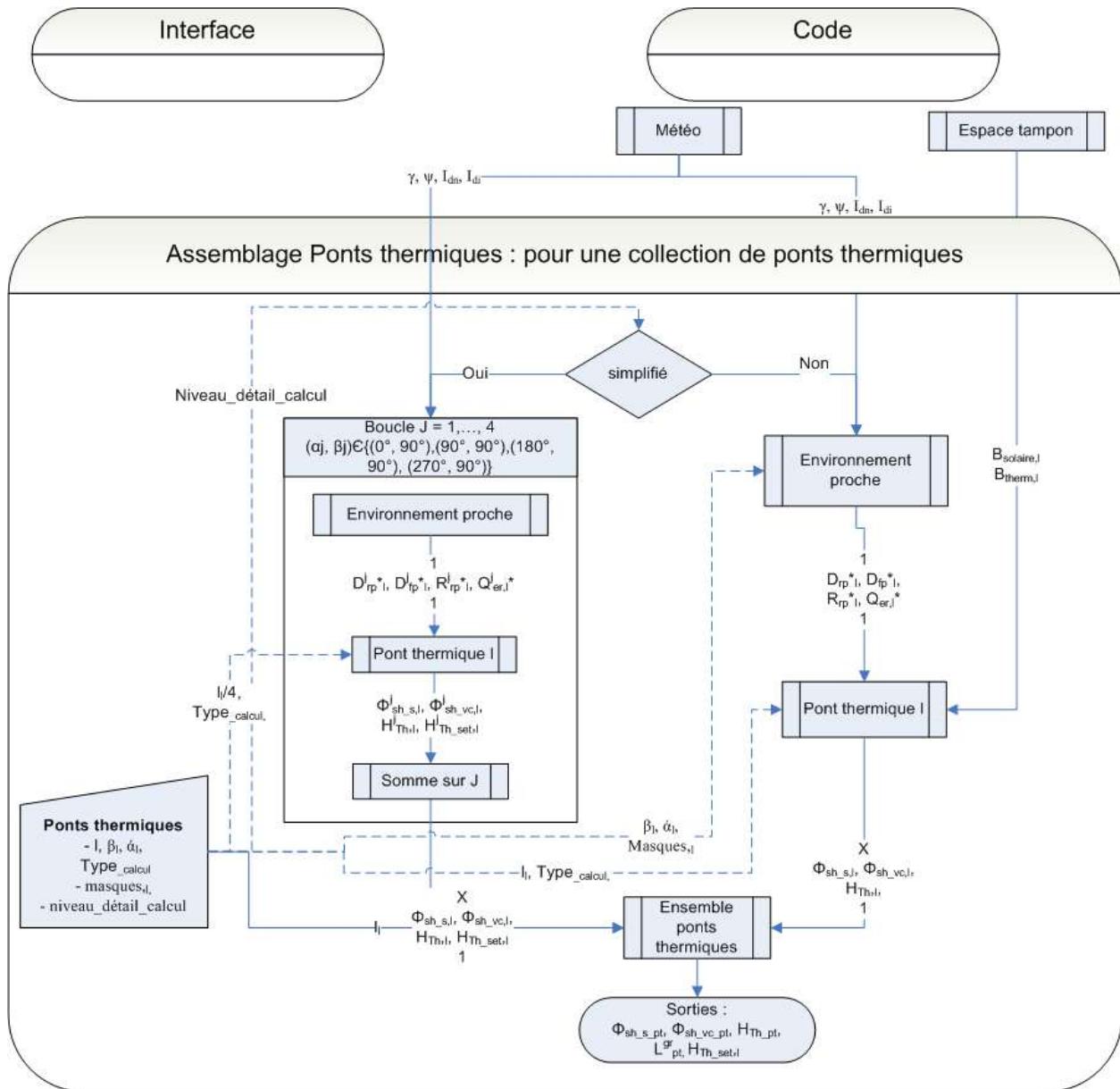
$$(\alpha, \beta) = (0^\circ, 90^\circ), (\alpha, \beta) = (90^\circ, 90^\circ), (\alpha, \beta) = (180^\circ, 90^\circ), (\alpha, \beta) = (270^\circ, 90^\circ), \quad (298)$$

et de longueur $\frac{1}{4}$ de la longueur rentrée par l'utilisateur.

Par hypothèse aucun de ces 4 ponts thermiques n'est lié à un masque ou à un espace tampon.

5.18.4 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Le schéma de la figure ci-dessous présente l'organisation des composants pour l'ensemble des ponts thermiques d'un groupe.



La fiche C_EEX_environnement_proche calcule les rayonnements solaires atteignant le pont thermique compte tenu de la présence possible de masques proches et/ou lointains.

Dans le calcul détaillé des ponts thermiques les rayonnements sont alors utilisés par C_BAT_pont thermique pour déterminer le flux de chaleur dû au rayonnement solaire ainsi que le flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe par le pont. Est déterminé également le coefficient de transmission thermique du pont. La présence d'un espace tampon est prise en compte par des coefficients de réduction des déperditions et des apports solaires.

Dans le calcul simplifié il n'y a ni masques ni espaces tampons.

5.19 C_BAT_pont thermique

5.19.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme concerne les paramètres de description d'un pont thermique et les calculs effectués, à savoir :

- Calcul des flux de chaleur transmis au groupe à travers le pont thermique
- Calcul du coefficient de transfert thermique global $H_{Th,I}$.

5.19.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 50 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de pont thermique.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Groupe	Drp*I	Rayonnement direct atteignant le pont	W/m²			
	Dfp*I	Rayonnement diffus atteignant le pont	W/m²			
	Rrp*I	Rayonnement réfléchi atteignant le pont	W/m²			
	Q _{er} *I	Densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi	W/m²			
	b _{therm,I}	Coefficient de réduction des déperditions par le pont thermique I due à la présence d'un espace tampon	-			
	b _{solaire,I}	Coefficient de réduction des apports solaires par le pont thermique I due à la présence d'un espace tampon i	-			
	i _{sconfort_adaptatif(j)}	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1: en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif	Ent			
	Paramètres intrinsèques du composant					
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	S _{f-c,I}	Facteur solaire du pont thermique I pour le calcul du Cep	m ⁻¹	0	1	
	S _{f-e,I}	Facteur solaire du pont thermique I pour le calcul du Tic	m ⁻¹	0	1	
	ψ _I	Coefficient de transmission thermique du pont thermique vertical I	W/m.K	0	+∞	-
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	l _I	Longueur du pont thermique I	m	0	+∞	-
	Type _{calcul}	0 : calcul de Cep, 1 : calcul de Tic	-	0	1	-
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	φ _{sh_s,I}	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers le pont thermique I	W			
	φ _{sh_vc,I}	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers le pont thermique I	W			
	H _{Th,I}	Coefficient de transmission thermique global du pont thermique I entre l'extérieur et l'intérieur	W/K			
	H _{Th_set,I}	Coefficient de transmission thermique global du pont thermique I entre l'extérieur et l'intérieur en l'absence d'espace tampon	W/K			

Variables internes

Nom	Description	Unité
$S_{f,l}$	Facteur solaire du pont thermique l	m^{-1}
l	Indice indiquant qu'il s'agit du pont thermique l	W/m
$b_{voute,l}$	Coefficient de réduction des échanges avec la voûte céleste par le pont thermique l due à la présence d'espace tampons	-
$I_{sr,l}$	Rayonnement solaire global atteignant le pont thermique l	W/m
$f_{ce,l}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
h_e	Coefficient d'échange global (convectif+radiatif) extérieur	W/m ² K	25,0

Tableau 50 : Nomenclature des différentes variables du modèle de pont thermique

5.19.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.19.3.1 **Calcul du rayonnement solaire global**

Le rayonnement solaire global atteignant le pont thermique I s'écrit :

$$I_{sr,l} = Drp^*l + Dfp^*l + Rrp^*l \quad (299)$$

5.19.3.2 **Prise en compte des espaces tampons : seulement pour le calcul détaillé**

Un pont thermique peut être en contact avec un espace tampon. L'effet de la présence de l'espace tampon est une réduction des échanges au travers de la paroi traduite par les coefficients $b_{therm,l}$, $b_{solaire,l}$, $b_{voute,l}$.

On fait l'hypothèse que l'espace tampon bloque les échanges du pont thermique I avec la voûte céleste, ainsi :

$$b_{voute,l} = 0$$

5.19.3.3 **Calcul des flux solaires transmis au groupe**

Le flux solaire global absorbé par le pont thermique I et transmis au groupe s'écrit :

$$\Phi_{sh-s,l} = l_l \cdot S_{f,l} \cdot I_{sr,l} \cdot b_{solaire,l} \quad (300)$$

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e », $f_{ce,l}(h)$, variable au cours du temps :

En calculs Th-B ou Th-C:

$$f_{ce,l}(h) = 1 \quad (301)$$

En calculs Th-D:

$$f_{ce,l}(\square h) = 1 - is_{confort\_adaptatif}(j) \quad (302)$$

Le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable en fonction du pas de temps de simulation :

$$S_{f,l}(\square h) = f_{ce,l}(\square h) \cdot S_{f-c,l} + [1 - f_{ce,l}(\square h)] \cdot S_{f-e,l} \quad (303)$$

5.19.3.4 **Calcul du Coefficient de transmission thermique global**

Le coefficient de transmission thermique global du pont thermique I entre l'extérieur et l'intérieur s'écrit :

$$H_{Th,l} = l_l \cdot b_{therm,l} \cdot \Psi_l \quad (304)$$

Le coefficient de transmission thermique global de la paroi opaque k entre l'extérieur et l'intérieur en l'absence d'espace tampon s'écrit :

$$H_{Th,l} = l_l \cdot \Psi_l \quad (305)$$

5.19.3.5 *Calcul du flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste*

Le flux de chaleur transmis au groupe dû au rayonnement froid de la voûte céleste s'écrit :

$$\Phi_{sh_{vc,l}} = l_l \cdot b_{voute,l} \left(Q_{er} \cdot l \cdot \frac{\Psi_l}{h_e} \right) \quad (306)$$

5.20 C_BAT_ensemble_ponts_thermiques

5.20.1 INTRODUCTION

Cette fiche calcule les propriétés de l'ensemble des ponts thermiques ainsi que la longueur totale des ponts thermiques du groupe.

5.20.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 51 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux ponts thermiques.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
$\phi_{sh\_s,l}$	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers le pont thermique l	W	
$\phi_{sh\_vc,l}$	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers le pont thermique l	W	
$H_{Th,l}$	Coefficient de transmission thermique global du pont thermique l entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
l_l	longueur du pont thermique l	m	
Sorties			
Nom	Description	Unité	
ϕ_{sh_s}	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers l'ensemble des ponts thermiques	W	
ϕ_{sh_vc}	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers l'ensemble des ponts thermiques	W	
H_{Th}	Coefficient de transmission thermique global de l'ensemble des ponts thermiques entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
L^{gr}_l	Longueur des ponts thermiques déperditifs du groupe	m	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 51 : Nomenclature du modèle

5.20.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.20.3.1 **Calcul du coefficient de transfert thermique global de l'ensemble des parois opaques du groupe**

$$HT_h = \sum_{l \in \text{groupe}} HT_{h,l} \quad (307)$$

5.20.3.2 **Calcul du flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe**

$$\phi_{sh_s} = \sum_{l \in \text{groupe}} \phi_{sh_s,l} \quad (308)$$

5.20.3.3 **Calcul du flux dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe**

$$\phi_{sh_{vc}} = \sum_{l \in \text{groupe}} \phi_{sh_{vc},l} \quad (309)$$

5.20.3.4 **Longueur totale des ponts thermiques du groupe**

$$L_l^{gr} = \sum_{l \in \text{groupe}} l_l \quad (310)$$

5.21 C_BAT_comportement thermique d'un groupe

5.21.1 INTRODUCTION

Un groupe correspond à un local ou à un ensemble de locaux dont l'air est supposé homogène en température et en humidité.

Cette partie est consacrée à la description du modèle de comportement thermique d'un groupe. Il s'agit d'un modèle dynamique, au pas de temps horaire, fondé sur des simplifications du transfert de chaleur entre les environnements intérieurs et extérieurs,. Ce modèle peut être représenté sous forme d'un réseau RC comme le montre la Figure 65.

On identifie trois nœuds de température principaux pour caractériser le ou les locaux :

- le nœud de température d'air θ_i ,
- le nœud de température de surface des parois contribuant à l'inertie quotidienne θ_{mq} , c'est-à-dire à forte capacité thermique et faible résistance thermique aux abords de la surface interne. Le comportement thermique sur le plus long terme de ces parois est modélisé par superposition d'une inertie séquentielle (basée sur la moyenne de θ_{mq} sur 24h) et d'une inertie annuelle (basée sur la moyenne de θ_{mq} sur plusieurs semaines) à l'inertie quotidienne.
- le nœud de température de surface des parois ne contribuant pas à l'inertie quotidienne, θ_l . Il s'agit en réalité d'une agglomération de la température de surface des baies (θ_{lb}) et de celle des parois séparatives internes à faible capacité thermique ou forte résistance thermique aux abords de la surface interne (θ_{la}).

Pour les besoins de la résolution, une température secondaire fictive, θ_s est introduite. θ_s communique avec les trois nœuds précédemment évoqués et facilite la représentation l'ensemble des échanges convectif et radiatifs dans le ou les locaux.

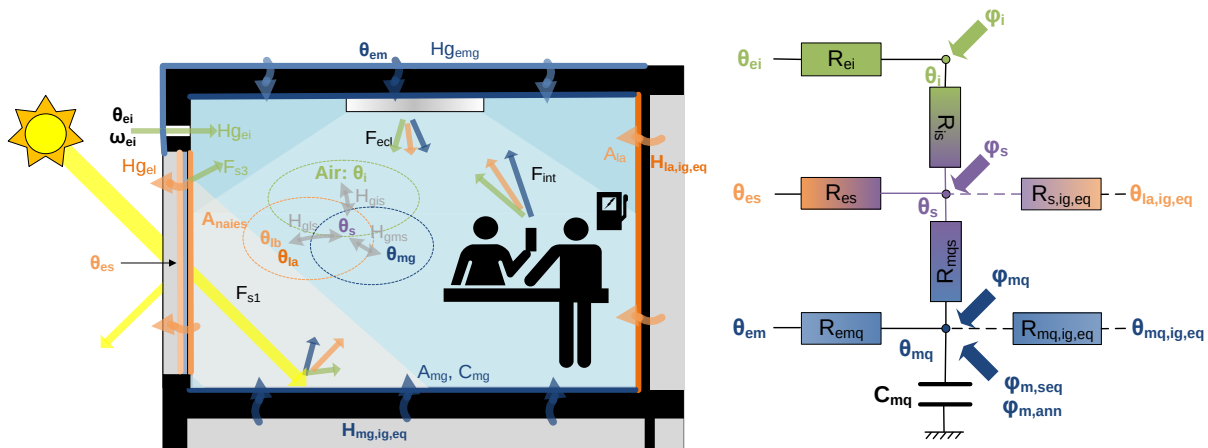


Figure 65 : Schéma RC du modèle de comportement thermique d'un groupe

Le modèle permet de calculer pour un groupe, les puissances requises (chauffage, refroidissement) et les températures intérieures (air, opérative, radiante moyenne...). Le calcul s'effectue en tenant compte des échanges thermiques avec l'extérieur (à travers l'enveloppe et par ventilation), des apports solaires et des gains internes dus aux occupants et aux équipements (bureautique, systèmes, éclairage artificiel...).

Il est à souligner que les transferts thermiques par conduction entre les groupes ne sont pas pris en compte. On considère uniquement les transferts convectifs de chaleur via les débits d'air de ventilation entre les groupes.

5.21.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 52 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de comportement thermique d'un groupe. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Débits d'air	$\theta_a^j(h)$	Température de l'air entrant dans le groupe (en provenance de l'extérieur, d'un espace tampon, d'autres groupes ou des systèmes spécifiques) par le composant aéraulique j	°C
	$Q_{ma}^j(h)$	Débit d'air entrant dans le groupe (en provenance de l'extérieur, d'autres groupes ou des systèmes spécifiques) par le composant aéraulique j	kg/s
	$\omega_a^j(h)$	Humidité de l'air entrant dans le groupe (en provenance de l'extérieur, d'autres groupes ou des systèmes spécifiques) par le composant aéraulique j	kg/kg
Baies	$\phi_{s1}(h)$	Flux de chaleur total transmis par les baies au groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde	W
	$\phi_{s2}(h)$	Flux de chaleur total transmis par les baies au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif	W
	$\phi_{s3}(h)$	Flux de chaleur total transmis par les baies au groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure)	W
	$\phi_{vc,b}(h)$	Flux total transmis dû au rayonnement froid vers la voute céleste	W
	$H_{TH,b}(h)$	Facteur de transmission thermique global par les baies entre les environnements intérieurs et extérieurs	W/K
Parois opaques	$\phi_{s,k}(h)$	Flux de chaleur total dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers les parois opaques	W
	$\phi_{vc,k}(h)$	Flux de chaleur total dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers les parois opaques	W
	$H_{TH,k}(h)$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques entre l'extérieur et l'intérieur	W/K
Ponts thermiques	$\phi_{s,pt}(h)$	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers les ponts thermiques	W
	$\phi_{vc,pt}(h)$	Flux de chaleur dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe à travers les ponts thermiques	W
	$H_{TH,pt}(h)$	Coefficient de transmission thermique global des ponts thermiques entre l'extérieur et l'intérieur	W/K
Ecl.	$F_{ecl,conv}(h)$ $F_{ecl,rad}(h)$	Flux convectif et radiatif récupérable de l'éclairage artificiel	Wh
Groupe	$\phi_{int\_rad}(h)$ $\phi_{int\_conv}(h)$	Apports internes radiatifs et convectifs hors-occupants	W
	$\phi_{int\_occ\_conv}(h)$ $\phi_{int\_occ\_rad}(h)$	Apports internes convectif et radiatif dus aux occupants du groupe	W

$\phi_{\text{recup\_rad}}(h)$	Pertes récupérables des systèmes sous forme de flux de chaleur	W
$\phi_{\text{recup\_conv}}(h)$	radiatif et convectif	

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Conv	Min	Max	Unité
Inertie quotidienne	Mode	Mode de calcul (0-Th-B calcul du Bbio / 1-Th- C calcul du Cep)	-	0	2	-
	$Type_{\text{inertie\_quo}}$	Classe d'inertie quotidienne au sens des règles Th-I	-	0	5	-
	$A_{\text{mq\_surf}}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du groupe A_{gr}	-	0	$+\infty$	m ² /m ²
Inertie séquentielle	$C_{\text{mq\_surf}}$	Capacité thermique quotidienne du groupe ramenée à la surface utile du groupe A_{gr}	-	0	$+\infty$	kJ.m ⁻² .K ⁻¹
	$Type_{\text{inertie\_seq}}$	Classe d'inertie séquentielle au sens des règles Th-I	-	0	5	-
	$A_{\text{ms\_surf}}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du groupe A_{gr} au sens de l'inertie séquentielle	-	0	$+\infty$	m ² /m ²
Inertie annuelle	$C_{\text{ms\_surf}}$	Capacité thermique séquentielle du groupe ramenée à la surface utile du groupe A_{gr}	-	0	$+\infty$	kJ.m ⁻² .K ⁻¹
	$Type_{\text{inertie\_ann}}$	Classe d'inertie annuelle au sens des règles Th-I	-	0	1	-
	$A_{\text{ma\_surf}}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du groupe A_{gr} au sens de l'inertie annuelle	-	0	$+\infty$	m ² /m ²
	$C_{\text{ma\_surf}}$	Capacité thermique annuelle du groupe ramenée à la surface utile du groupe A_{gr}	-	0	$+\infty$	kJ.m ⁻² .K ⁻¹

Paramètres du modèle

	Nom	Description	Conv	Unité
Inerties quotidiennes, séquentielles et annuelles	$SREF_{\text{gr}}$	Surface de référence du groupe	-	m ²
	A_{tparois}	Surface interne totale des parois, plafond et plancher du groupe	4,5 x A	m ²
	A_{baies}	Surface interne totale des baies	-	M ²
	A_{mq}	Surface d'échange équivalente des parois opaques lourdes avec l'ambiance au sens de l'inertie quotidienne		m ²
	A_{ms}	Surface d'échange équivalente des parois opaques lourdes au sens de l'inertie séquentielle avec l'ambiance		m ²
	A_{ma}	Surface d'échange équivalente des parois opaques lourdes au sens de l'inertie annuelle avec l'ambiance		m ²
	C_{mq}	Capacité thermique quotidienne du groupe		kJ/K
	C_{ms}	Capacité thermique séquentielle du groupe		kJ/K

Constantes physiques du modèle	C_{ma}	Capacité thermique annuelle du groupe		kJ/K
	Nbj_{seq}	Nombre de jours constituant une séquence en ce qui concerne le calcul de l'inertie annuelle	14	j
	p_{top}	Part de la température θ_s prise en compte dans la température opérative θ_s	Voir eq. (314)	-
	h_{ri}	Coefficient d'échange radiatif intérieur moyen	5,5	$W.m^{-2}.K^{-1}$
	h_{ci}	Coefficient d'échange convectif intérieur moyen	2,5	$W.m^{-2}.K^{-1}$
	h_{rs}	Coefficient d'échange radiatif intérieur corrigé	$1,2 \times h_{ri}$	$W.m^{-2}.K^{-1}$
	f_{rm}	Part radiative des apports internes récupéré au nœud de température θ_{mq}		-
	f_{rs}	Part radiative des apports internes récupéré au nœud de température θ_s		-
	f_{rsd}	Part restante du flux solaire ϕ_{sd} transmise au nœud de température θ_s		-
	f_{rmd}	Part restante du flux solaire transmis par les baies sous forme de rayonnement CLO au nœud de température θ_{mq}		-
	f_{sa}	Part du flux solaire ϕ_{sd} transmise directement au nœud de température θ_i	0,1	-
Variables internes				
	Nom	Description	Unité	
Représentation en réseau RC équivalent	h_{is}	Somme des coefficients d'échange radiatif et convectif intérieur	$W.m^{-2}.K^{-1}$	
	A_l	Surface globale des parois légères internes et des baies	m^2	
	p_{trm}	Part de la température θ_s prise en compte dans la température radiante moyenne θ_{rm}	-	
	Hg_{is}	Transmission thermique/résistance équivalente dû aux échanges internes par convection et rayonnement ($= 1/R_{is}$)	W/K	
	R_{is}			
	Hg_{mqs}	Transmission thermique/résistance équivalente entre les surfaces internes au sens de l'inertie quotidienne et l'ambiance représentée par θ_s	W/K	
	R_{mqs}		K/W	
	Hg_{mss}	Transmission thermique/résistance équivalente entre les surfaces internes au sens de l'inertie séquentielle et l'ambiance représentée par θ_s	W/K	
Flux thermique par les parois	R_{mss}		K/W	
	Hg_{mas}	Transmission thermique/résistance équivalente entre les surfaces internes au sens de l'inertie annuelle et l'ambiance représentée par θ_s	W/K	
	R_{mas}		K/W	
	$H_{TH,k+pt}(h)$	Coefficient de transmission thermique correspond aux composants opaques du groupe donnant sur l'extérieur et aux ponts thermiques les concernant	W/K	
	$Hg_{em}(h)$	Transmission thermique/résistance équivalente entre l'environnement extérieur et la surface intérieure des parois opaques ($Hg_{em} = 1/R_{em}$)	W/K	
	$R_{em}(h)$			
	$\theta_{es}(h)$	Température extérieure équivalente des baies	°C	
	$\theta_{em}(h)$	Température extérieure équivalente des composants opaques	°C	
Flu x	$Hg_{ei}(h)$	Facteur de transmission thermique dû renouvellement d'air ($= 1/R_{ei}$)	W/K	

Prise en compte des inerties séquentielle et annuelle	$m_{eq}(h)$	Somme des débits d'air entrants au niveau des parois extérieures du groupe, du débit d'air neuf soufflés au niveau du groupe et du débit d'air en provenance d'autres groupes	kg/s
	$\omega_{eq}(h)$	Humidité spécifique équivalente de l'air au niveau du groupe	kg/kg
	$\theta_{eieq}(h)$	Température équivalente de l'air entrant dans le groupe en provenance de l'extérieur et d'autres groupes	°C
	$h_{eq}(h)$	Enthalpie spécifique équivalente de l'air au niveau du groupe	J/kg
	$h_j(h)$	Enthalpie de l'air entrant dans le groupe lié au flux d'air d'indice j	J/kg
	$\Delta C_{m,s-q}$	Différence entre la capacité thermique séquentielle du groupe et la capacité thermique quotidienne du groupe	kJ/K
	$\Delta C_{m,a-q}$	Différence entre la capacité thermique annuelle du groupe et la capacité thermique quotidienne du groupe	kJ/K
	$\Delta R_{ms,s-q}$	Différence entre les résistances $R_{ms,s}$ et $R_{ms,q}$	K/W
	$\Delta R_{ms,a-q}$	Différence entre les résistances $R_{ms,a}$ et $R_{ms,q}$	K/W
	$\theta_{mq,24h}(h)$	Moyenne sur 24 heures des températures θ_{mq}	°C
	$\theta_{mq,Nbj\_seq}(h)$	Moyenne sur le nombre de jours Nbj_{seq} des températures θ_{mq}	°C
	$\theta_{ms,moy}(h)$	Température moyenne de θ_{ms} sur le pas de temps	°C
	$\theta_{ma,moy}(h)$	Température moyenne de θ_{ma} sur le pas de temps	°C
Flux solaires	$\phi_{sd}(h)$	Flux de chaleur transmis par les baies vitrées au groupe sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde	W
	$\phi_{sl}(h)$	Flux de chaleur transmis par les baies vitrées au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde	W
	$\phi_{sh}(h)$	Flux de chaleur transmis par les parois opaques et les ponts thermiques au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif	W
	$\phi_{svl}(h)$	Flux de chaleur transmis par les baies vitrées au groupe à travers la lame d'air intérieure ventilée (lame d'air se situant entre la baie vitrée et la protection solaire intérieure)	W
	$\phi_i(h)$	Flux thermiques sur la surface interne des baies et des autres parois légères internes liés aux apports internes, solaires (courte longueur d'onde), aux pertes thermiques récupérables des systèmes et à l'éclairage	W
	$\phi_i(h)$	Flux thermiques aux nœuds d'air θ_i , θ_s et θ_{mq} liés aux apports internes, solaires (courte longueur d'onde), aux pertes thermiques récupérables des systèmes et à l'éclairage	W
	$\phi_s(h)$		
	$\phi_{mq}(h)$		
	$\phi_{mq,tot}(h)$	Flux thermique total sur le nœud d'air θ_{mq}	W
	$U_1(h)$	Coefficients de transfert 1, 2 et 3 (variables intermédiaires de résolution)	W/K
Inerties séquentielle et annuelle	$U_2(h)$		
	$U_3(h)$		
	$\theta_{ms}(h)$	Température de masse au sens de l'inertie séquentielle à la fin du pas de temps h et h-1	°C
	$\theta_{ms}(h-1)$		
	$\theta_{ma}(h)$	Température de masse au sens de l'inertie annuelle à la fin du pas de temps h et h-1	°C
	$\theta_{ma}(h-1)$		
	$\phi_{mq\_seq}(h)$	Flux absorbé par la capacité thermique C_{ms} aux pas de temps h et h-1	W
	$\phi_{mq\_seq}(h-1)$		

$\phi_{mq\_ann}(h)$ $\phi_{mq\_ann}(h-1)$	Flux absorbé par la capacité thermique Cma aux pas de temps h et h-1	W

Sorties

	Nom	Description	Unité
Matrice des températures du groupe	$\theta_{i,moy(0;0)}(h), \theta_{i(0;0)}(h)$ $\theta_{i,moy(10;0)}(h), \theta_{i(10;0)}(h)$ $\theta_{i,moy(0;10)}(h), \theta_{i(0;10)}(h)$	Température de l'air moyenne/à la fin du pas de temps à puissance nulle, à puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective et à puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
	$\theta_{s,moy(0;0)}(h), \theta_{s(0;0)}(h)$ $\theta_{s,moy(10;0)}(h), \theta_{s(10;0)}(h)$ $\theta_{s,moy(0;10)}(h), \theta_{s(0;10)}(h)$	Température secondaire moyenne/à la fin du pas de temps du groupe à puissance nulle, à puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective et à puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
	$\theta_{mq,moy(0;0)}(h), \theta_{mq(0;0)}(h)$ $\theta_{mq,moy(10;0)}(h), \theta_{mq(10;0)}(h)$ $\theta_{mq,moy(0;10)}(h), \theta_{mq(0;10)}(h)$	Température moyenne de masse/à la fin du pas de temps à puissance nulle, à puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective et à puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
	$\theta_{rm,moy(0;0)}(h), \theta_{rm(0;0)}(h)$ $\theta_{rm,moy(10;0)}(h), \theta_{rm(10;0)}(h)$ $\theta_{rm,moy(0;10)}(h), \theta_{rm(0;10)}(h)$	Température radiante moyenne/à la fin du pas de temps à puissance nulle, à puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective et à puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
	$\theta_{op,moy(0;0)}(h), \theta_{op(0;0)}(h)$ $\theta_{op,moy(10;0)}(h), \theta_{op(10;0)}(h)$ $\theta_{op,moy(0;10)}(h), \theta_{op(0;10)}(h)$	Température opérative moyenne/à la fin du pas de temps à puissance nulle, à puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective et à puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C

Constantes

Nom	Description	Conv.	Unité
Cv	Chaleur massique de l'eau	1830	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
Ca	Chaleur massique de l'air	1006	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
H _{fg}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau	25 x 10 ⁵	J.kg ⁻¹

Tableau 52 : Nomenclature des différentes variables du modèle de comportement thermique d'un groupe

5.21.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

5.21.3.1 *Etapes de calculs*

Le comportement thermique d'un groupe est représenté par une droite appelée « la droite du groupe ». Cette droite exprime la relation linéaire qui existe entre la température du groupe mesurée par la sonde de température, θ_{sd} , et la puissance totale (convective + radiative) fournie par le système d'émission (ventilo-convecteurs, radiateurs...) du groupe, ϕ_{sys} .

Le comportement du système d'émission est également représenté par une courbe reliant θ_{sd} et ϕ_{sys} . La droite du groupe, la courbe du système d'émission et leur point d'intersection sont calculés à chaque pas de temps de simulation.

L'intersection entre cette droite et la courbe de comportement du système d'émission permet d'obtenir la température de fonctionnement du groupe et la puissance totale émise par le système d'émission.

Le calcul du comportement thermique d'un groupe s'effectue suivant les étapes suivantes :

- Etape 1 : calcul des coefficients de transferts thermiques Hg_{ei} , Hg_{es} , Hg_{em} , Hg_{is} et Hg_{ms} .
- Etape 2 : calcul des températures extérieures équivalentes θ_{eieg} , θ_{es} , et θ_{em} .
- Etape 3 : calcul des flux de chaleur internes ϕ_i , ϕ_s , ϕ_{mq} .
- Etape 4: prise en compte de l'inertie séquentielle et annuelle
- Etape 5 : résolutions du bilan thermique pour le calcul de la matrice du comportement thermique du groupe

5.21.3.2 *Hypothèses*

Les hypothèses suivantes sont imposées par convention en ce qui concerne les constantes physiques du modèle thermique :

$$h_{ci} = 2,5 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)} \quad (311)$$

$$h_{ri} = 5,5 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)} \quad (312)$$

$$A_{tparois} = 4,5 \times A^{gr} \text{ (m}^2\text{)} \quad (313)$$

$$p_{top} = 0,5 \quad (314)$$

Le nombre de jours d'une séquence pour le calcul de l'inertie séquentielle est fixé à la valeur suivante :

$$NB_{j,seq} = 14 \text{ j} \quad (315)$$

En mode Th-B et Th-C, les inerties séquentielle et annuelle ne sont pas prises en compte.

5.21.3.3 *Calcul des paramètres d'inertie du modèle*

Les valeurs adoptées pour A_{mq_surf} et C_{mq_surf} en fonction de la classe d'inertie $Type_{inertie\_quo}$ sont les suivantes :

Classe d'inertie <i>Type_{inertie_quo}</i>	A_{mq_surf} (m ² /m ²)	C_{mq_surf} (kJ.K ⁻¹ .m ²)
1 : Très légère	2,5	80
2 : Légère	2,5	110
3 : Moyenne	2,5	165
4 : Lourde	3,0	260
5 : Très lourde	3,5	370

Tableau 53 : Classes d'inertie quotidienne

La valeur $Type_{inertie\_quo} = 0$: *Personnalisée* permet la saisie directe des valeurs de A_{mq_surf} et C_{mq_surf} .

Classe d'inertie <i>Type_{inertie_seq}</i>	C_{ms_surf} (kJ.K ⁻¹ .m ²)
1 : Par défaut	C_{mq_surf}
2 : Très légère	C_{mq_surf}
3 : Légère	250
4 : Moyenne	500
5: Lourde	850

Tableau 54 : Classes d'inertie séquentielle

La valeur $Type_{inertie\_seq} = 0$: *Personnalisée* permet la saisie directe de la valeur de C_{ms_surf} .

$Type_{inertie\_ann}$ ne peut prendre que deux valeurs :

- 0 : *Personnalisée*, dans ce cas la valeur de C_{ma_surf} est saisie directement,
- 1 : *Par défaut*, dans ce cas, on retient la même valeur que l'inertie séquentielle :

$$C_{ma\_surf} = C_{ms\_surf} \quad (316)$$

A_{ms_surf} et A_{ma_surf} sont saisies dans tous les cas.

A_{mq} , A_{ms} et A_{ma} , surfaces d'échange avec les nœuds de températures des différentes constantes d'inertie sont calculées de la manière suivante :

$$A_{mq} = A_{mq\_surf} \times A \quad (317)$$

$$A_{ms} = A_{ms\_surf} \times A \quad (318)$$

$$A_{ma} = A_{ma\_surf} \times A \quad (319)$$

C_{mq} est calculée de la manière suivante :

$$C_{mq} = C_{mq\_surf} \times A^{gr} \quad (320)$$

C_{ms} est calculée de la manière suivante :

$$C_{ms} = C_{ms\_surf} \times A^{gr} \quad (321)$$

C_{ma} est calculée de la manière suivante :

$$C_{ma} = C_{ma\_surf} \times A^{gr} \quad (322)$$

5.21.3.4 *Calcul des coefficients de transferts thermiques internes avec le nœud de température θ_s*

Le coefficient de transfert thermique dû aux échanges internes par convection et rayonnement, Hg_{is} , est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$Hg_{is} = \frac{A_{tparois}}{\frac{1}{h_{ci}} - \frac{1}{h_{is}}} \quad (323)$$

Où h_{is} est le coefficient d'échange surfacique global d'une paroi intérieure par convection et rayonnement :

$$h_{is} = h_{ci} + h_{rs} \quad (324)$$

Et :

$$h_{rs} = 1,2 \cdot h_{ri} \quad (325)$$

Le coefficient de transfert thermique entre les surfaces internes des composants opaques au sens de l'inertie quotidienne et l'air intérieur, Hg_{mq_s} , est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\begin{aligned} Hg_{mq\_s} &= h_{is} \cdot A_{mq} \\ R_{mq\_s} &= \frac{1}{Hg_{mq\_s}} \end{aligned} \quad (326)$$

De même, les coefficients de transfert thermique aux surfaces internes des composants opaques au sens de l'inertie séquentielle et de l'inertie annuelle, Hg_{ms_s} et Hg_{ma_s} , sont calculés de la manière suivante :

$$\begin{aligned} Hg_{mss} &= h_{is} \cdot A_{ms} \\ R_{mss} &= \frac{1}{Hg_{mss}} \end{aligned} \quad (327)$$

$$\begin{aligned} Hg_{mas} &= h_{is} \cdot A_{ma} \\ R_{mas} &= \frac{1}{Hg_{mas}} \end{aligned} \quad (328)$$

$$\begin{aligned} \Delta R_{ms,s-q} &= R_{mss} - R_{mq\_s} \\ \Delta Hg_{ms,s-q} &= \frac{1}{\Delta R_{ms,s-q}} \end{aligned} \quad (329)$$

Note : pour $\Delta R_{ms,s-q}$ nul, $\Delta Hg_{ms,s-q} = 0$ W/K

$$\begin{aligned} \Delta R_{ms,a-q} &= R_{mas} - R_{mq\_s} \\ \Delta Hg_{ms,a-q} &= \frac{1}{\Delta R_{ms,a-q}} \end{aligned} \quad (330)$$

Note : pour $\Delta R_{ms,a-q}$ nul, $\Delta Hg_{ms,a-q} = 0$ W/K

On introduit la différence entre les capacités thermiques équivalentes, permettant par la suite d'appliquer le principe de superposition :

$$\Delta C_{m,s-q} = C_{ms} - C_{mq} \quad (331)$$

$$\Delta C_{m,a-s} = C_{ma} - C_{ms} \quad (332)$$

Par définition, $\Delta C_{m,s-q}$ et $\Delta C_{m,a-s}$ sont positives ou nulles.

5.21.3.5 *Calcul du coefficient d'échange dû au renouvellement d'air*

A chaque pas de temps, le coefficient de transfert thermique dû renouvellement d'air, Hg_{ei} , est calculé comme suit :

$$Hg_{ei}(h) = q_{m,eq}(h) \cdot (C_a + C_v \cdot \omega_{eq}(h)) \quad (333)$$

Le débit massique entrant total pour le groupe, $q_{m,eq}(h)$, est calculé comme suit :

$$q_{m,eq}(h) = \sum_j q_{ma}^j(h) \quad (334)$$

L'humidité spécifique équivalente de l'air entrant dans le groupe est la suivante :

$$\omega_{eq}(h) = \frac{\sum_j (Q_{ma}^j(h) \times \omega_a^j(h))}{m_{eq}(h)} \quad (335)$$

Remarque : dans le cas où l'air entrant provient d'un espace tampon, on prendra l'hypothèse que l'humidité spécifique est celle de l'air extérieur.

L'enthalpie équivalente de l'air entrant dans le groupe, $h_{eq}(h)$ est calculée comme suit :

$$h_{eq}(h) = \frac{\sum_j (Q_{ma}^j(h) \times h_a^j(h))}{m_{eq}(h)} \quad (336)$$

Avec pour chaque composant aéraulique j, l'enthalpie de l'air calculée de la manière suivante :

$$h_a^j(h) = (C_a + C_v \cdot \omega_a^j(h)) \cdot \theta_a^j(h) + H_{fg} \cdot \omega_a^j(h) \quad (337)$$

La température équivalente de l'air entrant dans le groupe est la suivante :

$$\theta_{ei,eq}(h) = \frac{h_{eq}(h) - H_{fg} \cdot \omega_{eq}(h)}{C_a + C_v \cdot \omega_{eq}(h)} \quad (338)$$

5.21.3.6 *Calcul du coefficient d'échange entre le nœud θ_m et l'extérieur*

Le coefficient de transfert thermique entre l'environnement extérieur et la surface intérieure des parois opaques, Hg_{em} , est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$Hg_{emq}(h) = \frac{1}{\frac{1}{H_{TH,k+pt}(h)} - \frac{1}{Hg_{mqS}}} \quad (339)$$

Avec :

$$H_{TH,k+pt}(h) = H_{TH,pt}(h) + H_{TH,k}(h) \quad (340)$$

5.21.3.7 *Calcul du coefficient d'échange entre le nœud θ_s et l'extérieur*

Le coefficient d'échange global Hg_{es} entre le nœud θ_s et l'extérieur est égal au coefficient global de transmission thermique par les baies :

$$Hg_{es}(h) = H_{TH,b}(h) \quad (341)$$

5.21.3.8 *Calcul des températures extérieures équivalentes*

Les températures extérieures équivalentes sont calculées comme suit :

- Température extérieure équivalente vue par les baies vitrées :

$$\theta_{es}(h) = \theta_{ei}(h) + \frac{\phi_{sl}(h)}{Hg_{es}(h)} \quad (342)$$

Avec :

$$\phi_{sl}(h) = F_{s2}(h) + F_{tvc}(h) \quad (343)$$

- Température extérieure équivalente vue par les parois opaques :

$$\theta_{em}(h) = \theta_{ei}(h) + \phi_{sh}(h) \cdot \left(\frac{1}{Hg_{emq}} + \frac{1}{Hg_{mqs}} \right) \quad (344)$$

Avec :

$$\phi_{sh}(h) = \phi_{sh_s}^{op}(h) + \phi_{sh_{vc}}^{op}(h) + \phi_{sh_s}^{pt}(h) + \phi_{sh_{vc}}^{pt}(h) \quad (345)$$

5.21.3.9 **Calcul des flux de chaleur internes**

Le flux de chaleur convectif ϕ_i injecté au nœud de température θ_i comprend :

- les apports internes convectifs (occupants, usages...).
- une partie des pertes récupérables des systèmes.
- une partie du rayonnement solaire transmis par les baies sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde.
- les apports de chaleur convectifs liés à la lame d'air intérieure ventilée, située entre les vitrages et leurs protections solaires intérieurs mobiles.

Ce flux est donc la somme de l'ensemble des contributions listées ci-dessus :

$$\begin{aligned} \phi_i(h) = & f_{sa} \cdot F_{s1}(h) + F_{s3}(h) + \phi_{int\_conv}(h) + \phi_{int,occ\_conv}(h) + \phi_{recup\_conv}(h) \\ & + F_{ecl\_c}(h) \end{aligned} \quad (346)$$

Les flux de chaleur radiatif injectés respectivement aux nœuds de température θ_i et θ_m comprennent:

- une partie du rayonnement solaire transmis par les baies sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde,
- une partie des pertes récupérables des systèmes.

Pour le nœud θ_i :

- les flux de chaleur radiatif Φ_i atteignant les baies, qui ne comprennent pas la part courte longueur d'onde des apports solaires.

$$\phi_i(h) = f_{rl,baies} \cdot (\phi_{int-rad}(h) + \phi_{int,occ-rad}(h) + \phi_{recup-rad}(h) + F_{ecl_r}(h)) \quad (347)$$

$$\begin{aligned} \phi_{mq}(h) = & f_{rmd} \cdot (1 - f_{sa}) \cdot F_{s1}(h) + f_{rm} \\ & \cdot (\phi_{int-rad}(h) + \phi_{int,occ-rad}(h) + \phi_{recup-rad}(h) + F_{ecl_r}(h)) \end{aligned} \quad (348)$$

Avec :

$$f_{rl,baies} = \frac{A_{baies}}{A_{tparois}} \quad (349)$$

$$f_{rm} = \frac{A_{mq}}{A_{tparois}} \quad (350)$$

$$f_{rld} = \frac{A_{tparois} - A_{mq} - A_{baies}}{A_{tparois} - A_{baies}} \quad (351)$$

$$f_{rmd} = \frac{A_{mq}}{A_{t\text{parois}} - A_{baies}} \quad (352)$$

On note que les puissances convectives et radiatives émises par le système d'émission ne sont pas incluses dans les flux ϕ_i , ϕ_s et ϕ_m . Ces puissances sont représentées par les flux de chaleur $\phi_{\text{sys-conv}}$ et $\phi_{\text{sys-rad}}$.

5.21.3.10 Inerties séquentielle et annuelle

Les impacts de l'inertie sont traités par le principe de la superposition des états, légitime en thermique du fait de la forte linéarité cause – effet.

Les sollicitations du modèle sur une onde de 24h étant déjà considérées ci-dessus, les paragraphes suivants traitent de deux autres niveaux de sollicitations : sur une onde d'environ 2 semaines et sur une onde annuelle.

5.21.3.10.1 Prise en compte de l'inertie séquentielle

La prise en compte de l'inertie séquentielle par rapport à l'inertie quotidienne repose sur le principe de superposition des états. Ainsi, le calcul prend en compte :

- les effets séquentiels en utilisant le réseau RC sur un pas de temps d'une journée,
- les effets quotidiens traités en termes d'écart aux valeurs séquentielles.

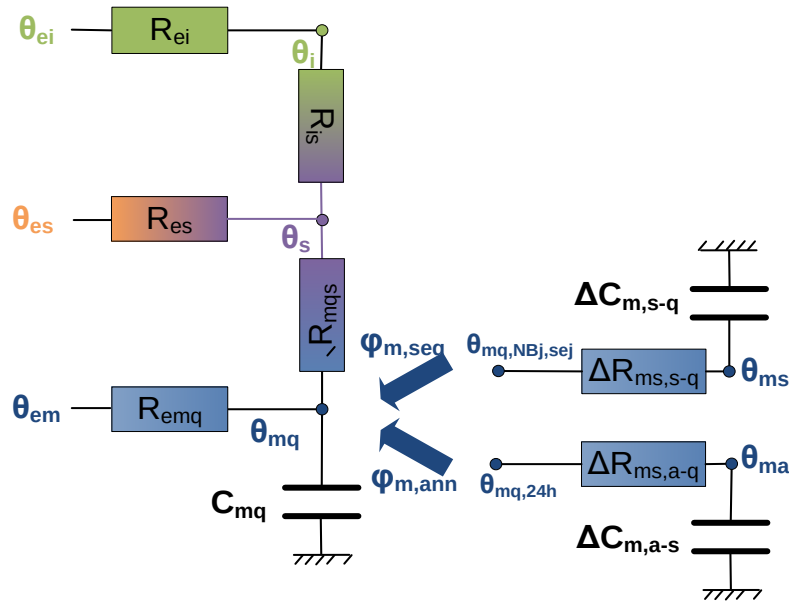


Figure 66: prise en compte des inerties séquentielle et annuelle du groupe

Soit $\theta_{mq,24h}(h)$, la moyenne des $\theta_{mq}(h)$ sur les dernières 24h de simulation :

$$\theta_{mq,24h}(h) = \frac{\sum_{t=h-1-24}^{h-1} \theta_{mq}(t)}{24} \quad (353)$$

Note : $\theta_{mq,24h}(h)$ est initialisé à 18°C pour les 24h premières heures de simulation.

La résolution du bilan thermique au nœud θ_{ms} ci-dessus est effectuée en moyenne sur 24h par utilisation d'un schéma de Crank-Nicholson :

$$\theta_{ms}(h) = \frac{\left(\frac{\Delta C_{m,s-q}}{3,6} - 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,s-q}\right) \cdot \theta_{ms}(h-1) + \Delta H g_{ms,s-q} \cdot \theta_{mq,24h}(h)}{\frac{\Delta C_{m,s-q}}{3,6} + 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,s-q}} \quad (354)$$

Note : au premier pas de temps de l'année, θ_{ms} sera initialisé à 18°C.

Le flux absorbé par la capacité thermique quotidienne, dont la valeur peut être négative ou positive, est calculé comme suit :

$$\phi_{mq,seq}(h) = \Delta H g_{ms,s-q} \cdot (\theta_{ms,moy}(h) - \theta_{mq,24h}(h)) \quad (355)$$

Où :

$$\theta_{ms,moy}(h) = \frac{\theta_{ms}(h) + \theta_{ms}(h-1)}{2} \quad (356)$$

5.21.3.10.2 Prise en compte de l'inertie annuelle

Soit $\theta_{mq,NBjseq}(h)$, la moyenne des $\theta_{mq,NBjseq}(h)$ sur la séquence de $NBjseq$ jours précédents le pas de temps h :

$$\theta_{mq,NBjseq}(h) = \frac{\sum_{t=h-1-24 \cdot NBjseq}^{h-1} \theta_{mq}(t)}{24 \cdot NBjseq} \quad (357)$$

Note : $\theta_{mq,NBjseq}(h)$ est initialisé à 19°C pour les $NBjseq$ premiers jours de simulation.

La résolution de l'équation différentielle ci-dessus est effectuée en moyenne sur un certain nombre de jours ($=NBjseq$) par utilisation d'un schéma de Crank-Nicholson :

$$\theta_{ma}(h) = \frac{\left(\frac{\Delta C_{m,a-s}}{3,6} - 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,a-q}\right) \cdot \theta_{ma}(h-1) + \Delta H g_{ms,a-q} \cdot \theta_{mq,NBjseq}(h)}{\frac{\Delta C_{m,a-s}}{3,6} + 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,a-q}} \quad (358)$$

Note : au premier pas de temps de l'année, θ_{ma} sera initialisée à 18°C.

Le flux absorbé par la capacité thermique annuelle, dont la valeur peut être négative ou positive, est calculé comme suit :

$$\phi_{mq,ann}(h) = \Delta H g_{ms,a-q} \cdot (\theta_{ma,moy}(h) - \theta_{mq,NBjseq}(h)) \quad (359)$$

Où :

$$\theta_{ma,moy}(h) = \frac{\theta_{ma}(h) + \theta_{ma}(h-1)}{2} \quad (360)$$

5.21.3.11 Résolution du bilan thermique du groupe

Pour les besoins de la résolution, le flux radiatif du nœud θ_i est directement injecté au nœud de résolution θ_i , en déduisant des flux sur la surface internes des baies la part perdue au travers de celle-ci :

$$\phi_s(h) = \left(1 - \frac{H g_{es}}{A_{baies} \cdot h_{is}}\right) \cdot \phi_l(h) \quad (361)$$

$$U_1(h) = \frac{1}{\frac{1}{H g_{ei}(h)} + \frac{1}{H g_{is}}} \quad (362)$$

$$U_2(h) = U_1(h) + H g_{es}(h) \quad (363)$$

$$U_3(h) = \frac{1}{\frac{1}{U_2(h)} + \frac{1}{Hg_{ms}}} \quad (364)$$

A partir du bilan thermique, la température de masse θ_{mq} au pas de temps (h) est exprimée en fonction de sa valeur au pas de temps (h-1) de la manière suivante :

$$\theta_{mq}(h) = \frac{\theta_{mq}(h-1) \cdot \left(\frac{C_{mq}}{3,6 \cdot \Delta h} - 0,5 \cdot (U_3(h) + Hg_{emq}) \right) + \phi_{mq_{tot}}(h) + \phi_{mig}(h) + \phi_{mq_{seq}}(h) + \phi_{mq_{ann}}(h)}{\frac{C_{mq}}{3,6 \cdot \Delta h} + 0,5 \cdot (U_3(h) + Hg_{emq})} \quad (365)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \phi_{mtot}(h) &= \phi_{mq}(h) + \phi_{sys,rad-mq} + Hg_{emq} \cdot \theta_{em}(h) \\ &+ \frac{U_3(h)}{U_2(h)} \cdot \left[\phi_s(h) + \phi_{sys,rad-s} + U_1(h) \cdot \left(\frac{\phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{Hg_{ei}(h)} + \theta_{ei,eq}(h) \right) \right] \end{aligned} \quad (366)$$

$\Phi_{mq_{seq}}$ et $\Phi_{mq_{ann}}$ sont calculés conformément au §5.21.3.10.

5.21.3.12 **Calcul des autres températures du groupe**

Les températures du nœud de résolution, de l'air et de surface des parois légères séparatives se déduisent de la température de masse obtenue précédemment :

$$\begin{aligned} \theta_s(h) &= \frac{1}{Hg_{ms} + Hg_{es}(h) + U_1(h) + Hg_{s,ig,eq}} \times [Hg_{ms} \cdot \theta_{mq}(h) + Hg_{es}(h) \cdot \theta_{es}(h) \\ &+ \phi_s(h) + \phi_{sys-rad-s} + U_1(h) \cdot \left(\theta_{eieq}(h) + \frac{\phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{Hg_{ei}(h)} \right)] \end{aligned} \quad (367)$$

$$\theta_i(h) = \frac{Hg_{is} \cdot \theta_s(h) + Hg_{ei}(h) \cdot \theta_{eieq}(h) + \phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{Hg_{is} + Hg_{ei}(h)} \quad (368)$$

5.21.3.13 **Température radiante moyenne et température opérative**

La température radiante moyenne θ_{rm} est calculée à partir des températures θ_s et θ_i à l'aide de l'équation suivante :

$$\theta_{rm}(h) = p_{trm} \cdot \theta_s(h) + (1 - p_{trm}) \cdot \theta_i(h) \quad (369)$$

Où :

$$p_{trm} = 1 + \frac{h_{ci}}{h_{rs}} \quad (370)$$

La température opérative, traduisant le ressenti par les occupants, θ_{op} est calculée comme suit :

$$\theta_{op}(h) = p_{top} \cdot \theta_{rm}(h) + (1 - p_{top}) \cdot \theta_i(h) \quad (371)$$

5.21.3.14 **Matrice de comportement thermique du groupe**

La matrice de comportement thermique d'un groupe comprend les valeurs des températures θ_i , θ_s , θ_{mq} , θ_{op} et θ_{rm} pour les trois cas suivants :

- Evolution libre : $\phi_{sys-conv} = 0 \times A_{gr}$ (W), $\phi_{sys-rad} = 0 \times A_{gr}$ (W).
- Puissances émises convectives : $\phi_{sys-conv} = 10 \times A_{gr}$ (W), $\phi_{sys-rad} = 0 \times A_{gr}$ (W).
- Puissances émises radiatives : $\phi_{sys-conv} = 0 \times A_{gr}$ (W), $\phi_{sys-rad} = 10 \times A_{gr}$ (W).

$\phi_{sys-conv}$ et $\phi_{sys-rad}$ sont respectivement les puissances sensibles convectives et radiatives émises par le système d'émission du groupe. $\phi_{sys-rad}$ est répartie entre les deux nœuds de température θ_s et θ_m de la manière suivante :

$$\begin{aligned}\phi_{sys-rad-s} &= f_{rs} \cdot \phi_{sys-rad} \\ \phi_{sys-rad-m} &= f_{rm} \cdot \phi_{sys-rad}\end{aligned}\quad (372)$$

Les valeurs des températures θ_i , θ_s , θ_{mq} , θ_{op} et θ_{rm} sont calculées respectivement pour :

- Cas 1 – Calcul pour la température de masse moyenne sur le pas de temps : $\theta_{mq} = \theta_{mq,moy}$. Il s'agit donc de $\theta_{i,moy}$, $\theta_{s,moy}$, $\theta_{rm,moy}$ et $\theta_{op,moy}$.
- Cas 2 – Calcul pour la température de masse à la fin du pas de temps : $\theta_{mq} = \theta_{mq}^{(t)} = \theta_{mq,fin}$. Il s'agit donc de $\theta_{i,fin}$, $\theta_{s,fin}$, $\theta_{rm,fin}$, $\theta_{op,fin}$.

La matrice de comportement thermique du groupe est ainsi une matrice de 5 lignes et 6 colonnes comme le montre l'équation (373).

$$\begin{array}{c} \begin{array}{c} \phi_{sys-conv} = 0 \text{ (W)} \\ \phi_{sys-rad} = 0 \text{ (W)} \end{array} \quad \begin{array}{c} \phi_{sys-conv} = 10 \text{ (W)} \\ \phi_{sys-rad} = 0 \text{ (W)} \end{array} \quad \begin{array}{c} \phi_{sys-conv} = 0 \text{ (W)} \\ \phi_{sys-rad} = 10 \text{ (W)} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cc|cc|cc} \theta_{i,moy(0,0)} & \theta_{i,fin(0,0)} & \theta_{i,moy(10,0)} & \theta_{i,fin(10,0)} & \theta_{i,moy(0,10)} & \theta_{i,fin(0,10)} \\ \theta_{s,moy(0,0)} & \theta_{s,fin(0,0)} & \theta_{s,moy(10,0)} & \theta_{s,fin(10,0)} & \theta_{s,moy(0,10)} & \theta_{s,fin(0,10)} \\ \theta_{m,moy(0,0)} & \theta_{m,fin(0,0)} & \theta_{m,moy(10,0)} & \theta_{m,fin(10,0)} & \theta_{m,moy(0,10)} & \theta_{m,fin(0,10)} \\ \theta_{rm,moy(0,0)} & \theta_{rm,fin(0,0)} & \theta_{rm,moy(10,0)} & \theta_{rm,fin(10,0)} & \theta_{rm,moy(0,10)} & \theta_{rm,fin(0,10)} \\ \theta_{op,moy(0,0)} & \theta_{op,fin(0,0)} & \theta_{op,moy(10,0)} & \theta_{op,fin(10,0)} & \theta_{op,moy(0,10)} & \theta_{op,fin(0,10)} \end{array} \right] \quad (373)\end{array}$$

6. VENTILATION

La modélisation du système de ventilation s'effectue au niveau d'une zone. Pour les bâtiments collectifs d'habitation, lorsque plusieurs zones du bâtiment sont desservies avec un unique système de ventilation, la puissance des ventilateurs et les débits des ventilateurs du système de ventilation sont répartis par zone dans la modélisation, au prorata de la surface des zones desservies. Cela permet en particulier de modéliser une zone traversante et une zone non-traversante desservies par la même ventilation.

On retrouve dans cette partie les éléments nécessaires au calcul des débits de ventilation :

- Au stade du PC (hypothèses de calcul des débits pour le Bbio)
- Au stade de l'achèvement des travaux (débits soufflés et repis par les systèmes de ventilation)

Les différents systèmes de ventilation pris en compte la méthode de calcul sont également décrits (ventilation simple flux, double flux, centrales de traitement d'air type DAC ou DAV, utilisation de puits climatique ou hydraulique), ainsi que les consommations liées à la ventilation des parkings.

6.1 C_VEN_BBIO

6.1.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit le système de ventilation utilisé pour le calcul du BBIO.

Cette description repose sur la modélisation simplifiée de la norme européenne **NF EN 16798**.

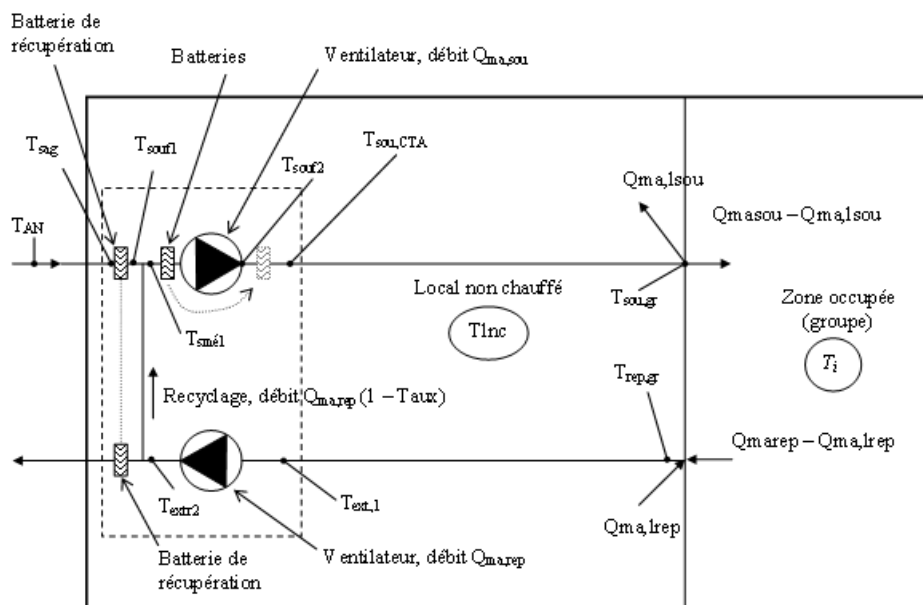


Figure 67. Modélisation de réseaux et de bouches reliés à une CTA

6.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 55 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul des débits de ventilation spécifique pour le calcul du Bbio.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
I_{vent}	Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool			
$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe par le système S	m³/h			
$q_{spec\_souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe par le système S	m³/h			
$q_{rep,cond}^{g,s}$	Débit repris par le système S en tenant compte des conduits	m³/h			
$q_{soufflé,cond}^{g,s}$	Débit soufflé par le système S en tenant compte des conduits	m³/h			
$\theta_{i,fin}$	Température de l'air intérieur du groupe à la fin du pas de temps précédent	°C			
θ_{ext}	Température extérieure au pas de temps h	°C			
wext	Poids d'eau dans l'air extérieur au pas de temps h	kg/kgas			
Dugd	Durée d'Utilisation du Grand Débit exprimée en h/semaine	h			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
ε	Efficacité de l'échangeur ; fixée à 0.5 pour le calcul du BBIO	ad	0	1	0.5
Paramètres intrinsèques					
Constantes					
Nom	Description	Unité	Conv.		
Cpa	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006		
pel	Taux de récupération sur les ventilateurs	-	0	1	0,8
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
$T_{extr\ 1}^{g,s}$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit	°C			
$T_{extr\ 2}^{g,s}$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction	°C			
T_{souf1}	Température de l'air soufflé après impact de l'échangeur	°C			
T_{souf2}	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur de soufflage	°C			
Pvent _{rep}	Puissance électrique du ventilateur de reprise	W			
Pvent _{souf}	Puissance électrique du ventilateur de soufflage	W			

$q_{m\_souff\_cond}^S$

Débit massique d'air repris par la Double Flux conventionnelle

kg/s

Sorties

Nom	Description	Unité
$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe par le système S	m ³ /h
$q_{spec\_souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe par le système S	m ³ /h
$T_{air\_souffle}^g$	Température de l'air soufflé dans le groupe (en provenance de l'extérieur ou d'autres groupes)	°C
$\omega_{air\_souffle}^g$	Humidité de l'air soufflé dans les groupes (sortie CTA)	kg/kgas
H _{vent}	Déperditions par la ventilation	W/K

Tableau 55 : Nomenclature du modèle

6.1.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Pour le calcul du BBIO, le système de ventilation est une VMC à débit soufflé et extrait constant avec efficacité d'échangeur de 50 %.

6.1.3.1 Définition des puissances de ventilateur

Pour le calcul du BBIO, on considère que les ventilateurs de soufflage et d'extraction sont de puissance nulle.

Ainsi, pour tous les usages, on a :

Quel que soit l'vent

$$P_{vent_{rep}} = 0 \quad (374)$$

Et

$$P_{vent_{souf}} = 0 \quad (375)$$

6.1.3.2 Températures de l'air extrait

On définit dans ce paragraphe la température de l'air à la sortie du ventilateur de reprise

1. L'impact des **pertes de conduit est nul** dans le calcul du BBIO :

$$P_{vent_{souf}} = 0 \quad (376)$$

2. **Température après impact du ventilateur d'extraction :**

$$T_{extr2}^{g,s} = T_{extr1}^{g,s} + \frac{pel \times P_{vent_{rep}}}{0.34 \times abs(q_{rep,cond}^{g,s})} \quad (377)$$

On rappelle que pour le BBIO, la puissance des ventilateurs est nul (paragraphe 6.1.3.1).

6.1.3.3 Cas du réseau de soufflage

1. La **température** de l'air soufflé **après impact de l'échangeur** statique est définie comme suit :

$$T_{soutf1} = \theta_{ext} + \varepsilon \times (T_{extr2} - \theta_{ext}) \quad (378)$$

2. **Température après impact du ventilateur d'extraction :**

$$T_{soutf2} = T_{soutf1} + \frac{pel \times P_{vent_{soutf}}}{0.34 \times abs(q_{soutf1é,cond}^{g,s})} \quad (379)$$

On rappelle que pour le BBIO, la puissance des ventilateurs est nul (paragraphe 6.1.3.1).

Au final, la température de l'air soufflé est définie comme suit :

$$T_{Air_{soutf1é}}^g = T_{soutf2} \quad (380)$$

L'humidité de l'air neuf fourni au groupe par le système de ventilation conventionnel du BBIO est définie comme suit :

$$\omega_{air_{soutf1é}}^g = \omega_{ext} \quad (381)$$

6.1.3.4 Déperditions par la ventilation

$$H_{vent} = q_{soutf1é,cond}^{g,s} * C_{pa} * (1 - \varepsilon) \quad (382)$$

6.2 C_VEN_Bouche_conduit

6.2.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit les débits aux bouches d'extraction et aux bouches de soufflage. Elle tient aussi compte des pertes des conduits d'amenée d'air et des conduits d'extraction.

Cette description repose sur la modélisation simplifiée de la norme européenne EN NF 16798.

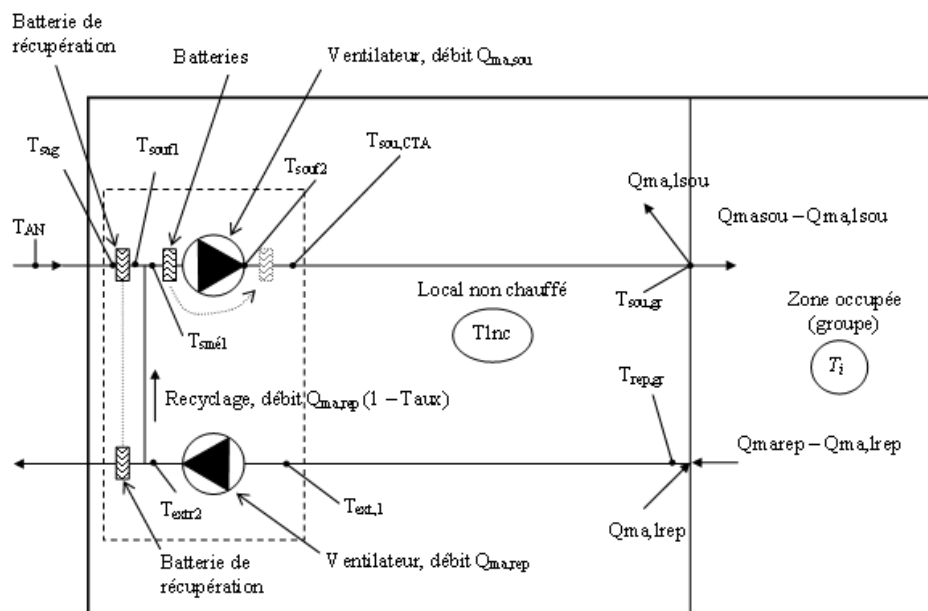


Figure 68. Modélisation de réseaux et de bouches reliées à une CTA

6.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 56 donne la nomenclature.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, et j le jour de simulation correspondant.

Entrées du composant						
Nom		Description	Unité			
$SREF^{gr}$		Surface de référence du groupe	m²			
$\theta_{ext}(h)$		Température extérieure au pas de temps h	°C			
$\theta_{op,fin}(h-1)$		Température opérative intérieure du groupe à la fin du pas de temps h-1.	°C			
I_{vent}		Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool			
$Id_{besoinCH\_inocc\_prev}$		Indicateur de besoin de chauffage au pas précédent en inoccupation dans un groupe relié à une CTA DAC avec recyclage ou DAV	Bool			
$Id_{besoinFR\_inoc\_prev}$		indicateur de besoin de froid au pas précédent en inoccupation dans un groupe relié à une CTA DAC avec recyclage ou DAV	Bool			
$i_{relance}(h)^{CTA}$		Indicateur de phase de relance	Ent			
Paramètres d'intégration						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv.
Usage autre que maison individuelle ou accolée ou logement collectif	$q_{spec,rep,occ}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en occupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{spec,rep,inocc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en inoccupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{spec,soufflé,occ}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en occupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{spec,soufflé,inocc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en inoccupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
Usage maison individuelle ou accolée ou logement collectif	$q_{spec,rep,conv\_pointe}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en pointe en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{spec,rep,conv\_base}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en base en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{spec,souffle,conv\_pointe}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en pointe en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-

$q_{spec,souffle,conv\_base}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en base en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	$+\infty$	-
Cletres	Classe d'étanchéité du réseau (A,B,C,D)				
Is_surf_cond_def	Type de données pour la définition des surfaces de conduits (0 utilisateur, 1 défaut)		0	1	1
Ratfuitevc	Ratio des fuites en volume chauffé	0	1		
Crdbnr	Coefficient de réduction des débits	ad	0	1	-
Cdep	Coefficient de dépassement				
Dugd	Durée d'Utilisation du Grand Débit exprimée en h/semaine	h	0	$+\infty$	-
$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise	m²	0	$+\infty$	-
$A_{cond,soufflé}^{g,s}$	Surface du conduit de soufflage	m²	0	$+\infty$	-
Rrep	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors volume chauffé	m²K/W	0	$+\infty$	-
Rsoufflé	Résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors volume chauffé	m²K/W	$-\infty$	$+\infty$	-
$q_{soufflé,CH}^{g,s}$	débit de soufflage hors mode zone neutre (CTA)	m³/h	0	$+\infty$	-
$q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s}$	débit de soufflage en zone neutre en occupation (CTA)	m³/h	0	$+\infty$	-
$q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s}$	débit de soufflage en zone neutre en inoccupation (CTA)	m³/h	0	$+\infty$	-
$Taux_{AN,min,occ}^{g,s}$	Taux d'air neuf minimal à souffler en occupation en cas de recyclage	-			
$Taux_{AN,min,inocc}^{g,s}$	Taux d'air neuf minimal à souffler en inoccupation en cas de recyclage	-			
Ttypologie	Maison individuelle ou accolée et les logements collectifs. ou autres usages		-	-	-
Isouf	Isouf= 0 extraction Isouf = 1 insufflation	entier	0	1	-

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Ratsurfcond	Valeur conventionnelle du rapport de la surface de conduit aéraulique à la surface habitable (Shab)	Réel	0	$+\infty$	
Ratdebcond	Valeur conventionnelle du rapport de la surface de conduit aéraulique au de débit de ventilation	Réel	0	$+\infty$	
dP	Différence de pression	Pa			

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Cfenb	Coefficient de la fenêtre	Réel	1.7

Variables internes

Nom	Description	Unité
$q_{rep,regul}^{g,s}$	Débit de reprise avec régulation	m³/h

$q_{soufflé,regul}^{g,s}$	Débit soufflé avec régulation	m ³ /h
$q_{soufflé,dep}^{g,s}$	Débit soufflé tenant du coefficient de dépassement de la bouche	m ³ /h
$q_{rep,max}^{g,s}$	Débit repris maximum	m ³ /h
$q_{soufflé,max}^{g,s}$	Débit soufflé maximum	m ³ /h
$q_{rep,min}^{g,s}$	Débit repris minimum	m ³ /h
$q_{soufflé,min}^{g,s}$	Débit soufflé minimum	m ³ /h

Sorties

Nom	Description	Unité	
$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe pour le système s	m ³ /h	
$q_{spec\_souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe pour le système s	m ³ /h	
$q_{repris, fuites}^{g,s}$	Débit repris tenant compte des fuites du réseau pour le système s	m ³ /h	
$q_{spec,CH,repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe pour le système s en mode CH	m ³ /h	
$q_{spec,CH,souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe pour le système s en mode CH	m ³ /h	
$q_{spec,ZN,repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe pour le système s en mode ZN	m ³ /h	
$q_{spec,ZN,souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe pour le système s en mode ZN	m ³ /h	
$q_{soufflé, fuites}^{g,s}$	Débit soufflé tenant compte des fuites du réseau pour le système s	m ³ /h	
$q_{repris,cond}^{g,s}$	Débit repris en tenant compte des conduits pour le système s	m ³ /h	
$q_{soufflé,cond}^{g,s}$	Débit soufflé en tenant compte des conduits pour le système s	m ³ /h	-∞
$q_{rep,dep}^{g,s}$	Débit repris tenant du coefficient de dépassement de la bouche	m ³ /h	
Dugd	Durée d'Utilisation du Grand Débit exprimée en h/semaine	h	
$q_{rep,CH,cond}^{g,s}$	Débit volumique repris en tenant compte des conduits pour le système s en mode CH	m ³ /h	
$q_{sou,CH,cond}^{g,s}$	Débit volumique soufflé en tenant compte des conduits pour le système s en mode CH	m ³ /h	
$q_{rep,ZN,cond}^{g,s}$	Débit volumique repris en tenant compte des conduits pour le système s en mode ZN	m ³ /h	
$q_{sou,ZN,cond}^{g,s}$	Débit volumique soufflé en tenant compte des conduits pour le système s en mode ZN	m ³ /h	
$Taux_{AN,min}^{g,s}$	Taux d'air neuf minimal à souffler en cas de recyclage	%	
Crdbnr	Coefficient de réduction des débits	ad	
cdep	Coefficient de dépassement		
Ratfuitevc	Ratio des fuites en volume chauffé	0	
$q_{soufflé,maxCH}^{g,s}$	Cas DAV : débit maximal de soufflage pour le préchauffage	m ³ /h	
$q_{soufflé,min}^{g,s}$	Cas DAV : débit minimal de soufflage imposé dans le cas de la DAV	m ³ /h	

dP	Différence de pression	Pa
Kres	Coefficient de fuite de réseau	m ³ /(s.m ²) sous 1 Pa
$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise	m ²
$A_{cond,soufflé}^{g,s}$	Surface du conduit de soufflage	m ²

Tableau 56 : Nomenclature du modèle

6.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Les débits volumiques sont définis au niveau du groupe.

Pour chaque bouche, on définit un débit minimal et un débit maximal soufflé ou repris.

Les débits de ventilation sont par ailleurs différents selon que la zone est occupée ou inoccupée. L'indicateur de ventilation de la zone I_{vent} est vrai quand la zone est occupée du point de vue de la ventilation et est faux sinon.

Pour le calcul du Bbio, les débits correspondent au débit d'hygiène pour le résidentiel, alors que les débits sont conventionnels en non résidentiel. Pour le calcul des consommations, en résidentiel les débits sont des débits d'hygiène, alors qu'en non résidentiel ce sont des débits totaux soufflés ou extraits.

6.2.3.1 Définition du débit minimal et débit maximal de la bouche

6.2.3.1.1 Cas d'une ventilation autre que la CTA et que la VMC double flux

Ce paragraphe traite de tous les systèmes de ventilation autre que les CTA (centrale de traitement d'air) et que les VMC double flux.

Il traite aussi de l'aération (ouverture des fenêtres) et du débit de l'assistance mécanique des systèmes de ventilation hybride (naturelle assistée).

6.2.3.1.1.1 Usages hors maison individuelle ou accolée et hors logement collectif

On définit le débit maximal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

Si $I_{souf} = 0$ (bouche-conduits de reprise) :

$$\begin{aligned} q_{rep,max}^{g,s} &= -q_{spec,rep,occ}^{g,s} \\ q_{soufflé,max}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (383)$$

Si $I_{souf} = 1$ (bouche-conduits de soufflage) :

$$\begin{aligned} q_{soufflé,max}^{g,s} &= q_{spec,soufflé,occ}^{g,s} \\ q_{rep,max}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (384)$$

On définit le débit minimal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

Si $I_{souf} = 0$ (bouche-conduits de reprise) :

$$\begin{aligned} q_{rep,min}^{g,s} &= -q_{spec,rep,inocc}^{g,s} \\ q_{soufflé,min}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (385)$$

Si $I_{souf} = 1$ (bouche-conduits de soufflage) :

$$\begin{aligned} q_{soufflé,min}^{g,s} &= q_{spec,soufflé,inocc}^{g,s} \\ q_{rep,min}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (386)$$

Cas de l'Aération, ventilation naturelle par ouverture des fenêtres :

Dans le cas particulier de l'aération, ventilation naturelle par ouverture des fenêtres, on fait

l'hypothèse que la réglementation d'hygiène (réglementation ventilation) impose par local soit des débits à fournir (soufflage) ou des débits à extraire (débit repris). Dans le cas (exceptionnel) où cette hypothèse ne serait pas vérifiée, il conviendrait pour chaque local de prendre soit en extraction soit en fourniture le plus grand des débits (en valeur absolue) conforme à la réglementation et de mettre l'autre à 0 avant de cumuler les débits par groupe.

6.2.3.1.1.2 Usages maison individuelle ou accolée et logement collectif

On définit le débit maximal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

Si $I_{\text{souf}} = 0$

$$\begin{aligned} q_{\text{rep,max}}^{g,s} &= -q_{\text{spec,rep,conv\_pointe}}^{g,s} \\ q_{\text{soufflé,max}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (387)$$

Si $I_{\text{souf}} = 1$

$$\begin{aligned} q_{\text{soufflé,max}}^{g,s} &= q_{\text{spec,soufflé,conv\_pointe}}^{g,s} \\ q_{\text{rep,max}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (388)$$

On définit le débit minimal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

Si $I_{\text{souf}} = 0$

$$\begin{aligned} q_{\text{rep,min}}^{g,s} &= -q_{\text{spec,rep,conv\_base}}^{g,s} \\ q_{\text{soufflé,min}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (389)$$

Si $I_{\text{souf}} = 1$

$$\begin{aligned} q_{\text{soufflé,min}}^{g,s} &= q_{\text{spec,soufflé,conv\_base}}^{g,s} \\ q_{\text{rep,min}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (390)$$

Cas des systèmes hygroréglables :

Pour les systèmes hygroréglables, les débits seront calculés à partir des valeurs issues d'une procédure d'évaluation par tierce partie de l'aptitude à l'emploi du système incluant les prescriptions sur la justification de l'atteinte des performances des produits de la manière suivante (ici seuls les circuits de reprise sont détaillés, le raisonnement est le même pour les circuits de soufflage) :

Le débit de pointe est calculé à partir des débits maximum Q_{temp} fournis dans les avis techniques des bouches installées dans les pièces cuisine et WC et des débits d'hygiène des autres pièces.

Le débit de base est calculé à partir de la valeur $Q_{\text{varepspec}}$ fournie dans l'avis technique, du débit maximum et des D_{ugd} définis au §6.2.3.2.2.2 :

$$q_{\text{spec,rep,conv\_base}}^{g,s} = \frac{168 \times Q_{\text{varepspec}} - D_{\text{ugd}} \times q_{\text{spec,rep,conv\_pointe}}^{g,s}}{(168 - D_{\text{ugd}})}$$

Note :

1. Dans le cas de la ventilation hybride, il s'agit d'indiquer les débits d'hygiène pendant l'assistance mécanique.
2. En ventilation naturelle pure ces renseignements sont sans objet.

6.2.3.1.2 Cas des CTA et des VMC double flux

On définit le débit maximal d'air soufflé ou repris et le taux d'air neuf minimal en occupation de la bouche comme suit :

Si $I_{sout} = 1$

$$q_{soufflé,CH,max}^{g,s} = q_{soufflé,CH}^{g,s} \quad (391)$$

$$q_{rep,CH,max}^{g,s} = 0$$

$$q_{soufflé,ZN,max}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s} \quad (392)$$

$$q_{rep,ZN,max}^{g,s} = 0$$

$$Taux_{AN,min,occ}^{g,s} = \frac{q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s}}{q_{soufflé,CH}^{g,s}} \quad (393)$$

$$q_{rep,ZN,max}^{g,s} = 0$$

Si $I_{sout} = 0$

$$q_{rep,CH,max}^{g,s} = -q_{soufflé,CH}^{g,s} \quad (394)$$

$$q_{soufflé,CH,max}^{g,s} = 0$$

$$q_{rep,ZN,max}^{g,s} = -q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s} \quad (395)$$

$$q_{soufflé,ZN,max}^{g,s} = 0$$

On définit le débit minimal d'air soufflé ou repris et le taux d'air neuf minimal en occupation de la bouche comme suit :

Si $I_{sout} = 1$

$$q_{soufflé,ZN,min}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s} \quad (396)$$

$$q_{rep,ZN,min}^{g,s} = 0$$

$$Taux_{AN,min,inocc}^{g,s} = \frac{q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s}}{q_{soufflé,CH}^{g,s}} \quad (397)$$

Si $I_{sout} = 0$

$$q_{rep,ZN,min}^{g,s} = -q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s} \quad (398)$$

$$q_{soufflé,ZN,min}^{g,s} = 0$$

La CTA est employée uniquement dans le non résidentiel.

Note :

Dans le cas des CTA à débit constant avec dispositif de recyclage, le débit soufflé en zone neutre en occupation doit correspondre au débit hygiénique en occupation. Le débit repris en zone neutre en occupation n'est pas utilisé.

6.2.3.1.3 Cas du Bbio

On définit le débit maximal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

- Cas des usages hors maison individuelle ou accolée et hors logement collectif

On utilise les débits conventionnels suivants ;

On définit le débit maximal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

« o En occupation :

« Si Isouf = 0 (bouche-conduits de reprise) :

$$\ll q_{rep,max}^{g,s} = -Param\_occupation * SREF_{\blacksquare}^{gr} \quad (399)$$

$$\ll q_{soufflé,max}^{g,s} = 0$$

« Si Isouf = 1 (bouche-conduits de soufflage) :

$$\ll q_{rep,max}^{g,s} = 0 \quad (402)$$

$$\ll q_{soufflé,max}^{g,s} = Param\_occupation * SREF_{\blacksquare}^{gr}$$

On définit le débit minimal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

« o En inoccupation :

« Si Isouf = 0 (bouche-conduits de reprise) :

$$\ll q_{rep,min}^{g,s} = -\max(60 ; Param\_inoccupation * SREF_{\blacksquare}^{gr}) \quad (405)$$

$$\ll q_{soufflé,min}^{g,s} = 0$$

« Si Isouf = 1 (bouche-conduits de soufflage) :

$$\ll q_{rep,min}^{g,s} = 0 \quad (408)$$

$$\ll q_{soufflé,min}^{g,s} = \max(60 ; Param\_inoccupation * SREF_{\blacksquare}^{gr})$$

« Où les paramètres Param_occupation et Param_innocation sont définis selon le type d'usage réglementaire :

N° d'usage	Type d'usage associé	Param_occupation	Param_innocation
3	Bureaux	4	0,42
4	Enseignement primaire	7,2	0,38
5	Enseignement secondaire	4,7	0,38
6	Médiathèques et bibliothèques	5,6	0,46
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	7,4	0,6
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	3	3
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	2	2,2
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	8	0
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	7	0
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	4,7	0,75
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	10	0,5
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	10	0,5
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	10	0,5
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	10	0,5
17	Commerces	3,7	0

18	Vestiaires seuls	6,7	6,7
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	4,5	4,5
20	Etablissements de santé (partie nuit)	4,5	4,5
21	Etablissements de santé (partie jour)	4,5	0
22	Aérogares	4	0,3
23	Industries ou artisanats 3x8h	3,1	0
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	3,1	0
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	3	0
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	8	0,3
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	8	0,3
28	Etablissements sportifs privés	3	0

Tableau 56-1 : Paramètres Param_occupation et Param_innocation selon le type d'usage réglementaire

- Cas des usages maison individuelle ou accolée et logement collectif

On utilise les équations du §6.2.3.2.2.1

6.2.3.2 Définition des débits régulés

Ce paragraphe présente les règles de prise en compte de la régulation des terminaux de soufflage et de reprise.

Les débits nominaux des systèmes avec régulation des débits sont multipliés par un facteur correctif Crdbnr dont les valeurs par défaut sont les suivantes :

	Coefficient de réduction des débits (Crdbnr)
Aucune régulation des débits	1
Dispositif de détection d'utilisation du local	0,9
Dispositif de comptage d'occupants ou sondes CO ₂	0,8

Tableau 57 : coefficient de réduction des débits en non résidentiel suivant le mode de régulation

Des valeurs différentes de Crdbnr peuvent être utilisées si elles sont issues d'un Avis Technique au sens de l'arrêté du 21 mars 2012 incluant les prescriptions sur la justification de l'atteinte des performances des produits, ou d'une procédure équivalente.

6.2.3.2.1 Cas du Bbio

Dans le cas particulier du Bbio, Crdbnr = 1 quelle que soit l'occupation et l'usage du groupe.

Ainsi, dans le cas des usages d'habitation – maison individuelle, accolée ou logement collectif, on utilise les équations du §6.2.3.2.2.2 (avec Crdbnr = 1).

Dans les autres cas, on utilise les équations du §6.2.3.2.2.1 (avec Crdbnr = 1).

6.2.3.2.2 Cas d'une ventilation autre que la CTA et que la VMC double flux

Ce paragraphe traite de tous les systèmes de ventilation autres que les CTA et que les VMC double flux.

Il traite aussi de l'aération (ouverture des fenêtres) et du débit de l'assistance mécanique des systèmes de ventilation hybride (naturelle assistée).

6.2.3.2.2.1 Usages hors maison individuelle ou accolée et hors logement collectif

- En **période d'occupation** ($l_{vent} = \text{vrai}$),

$$q_{rep,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,max}^{g,s} \quad (400)$$

$$q_{soufflé,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,max}^{g,s} \quad (401)$$

Note : Dans le cas particulier de l'aération, $Crdbnr = 1$ quelle que soit l'occupation.

- En **période d'inoccupation** ($l_{vent} = \text{faux}$)

Dans ce cas, $Crdbnr = 1$ et les débits régulés sont définis ainsi :

$$q_{rep,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,min}^{g,s} \quad (402)$$

$$q_{soufflé,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,min}^{g,s}$$

6.2.3.2.2.2 Usages maison individuelle ou accolée et logement collectif

Quelle que soit l'occupation, ($l_{vent} = \text{vrai}$ ou $l_{vent} = \text{faux}$), on définit $Crdbnr = 1$.

$$q_{rep,regul}^{g,s} = Crdbnr \times \frac{q_{rep,max}^{g,s} \times Dugd + q_{rep,min}^{g,s} \times (168 - Dugd)}{168} \quad (403)$$

$$q_{soufflé,regul}^{g,s} = Crdbnr \times \frac{q_{soufflé,max}^{g,s} \times Dugd + q_{soufflé,min}^{g,s} \times (168 - Dugd)}{168}$$

Avec $Dugd$ comme suit:

		Durée d'Utilisation du Grand Débit ($Dugd$) exprimée en h/semaine
Ventilation mécanique	Dispositifs à gestion manuelle (par défaut)	14
	Dispositifs avec temporisation	7
Ventilation naturelle par conduit et ventilation hybride	Maison Individuelle	14
	Logement Collectif	28
Mode BBIO		14

Tableau 57 : Durée d'Utilisation du Grand Débit

$$q_{rep,regul}^{g,s} = Crdbnr \times \left(q_{rep,max}^{g,s} \times CTRL_{vent,granddebit}(\square) + q_{rep,min}^{g,s} \times (1 - CTRL_{vent,granddebit}(\square)) \right) \quad (404)$$

$$q_{soufflé,regul}^{g,s} = Crdbnr \times \left(q_{soufflé,max}^{g,s} \times CTRL_{vent,granddebit}(\square) + q_{soufflé,min}^{g,s} \times (1 - CTRL_{vent,granddebit}(\square)) \right) \quad (405)$$

Note :

1. Pour le calcul du **BBIO**, $Dugd = 14$.
2. En ventilation naturelle et en ventilation hybride où l'assistance mécanique n'est pas activée, le débit régulé $q_{rep,regul}^{g,s}$ est un résultat de calcul.
3. Pour les bouches dont le fonctionnement n'est pas indépendant (cas par exemple d'un dispositif local commandant le passage en grand débit de toutes les bouches d'un même logement), on considère par défaut que le passage en grand débit se fait de manière non concomitante et on applique donc pour chacune des bouches le temps de fonctionnement correspondant à l'ensemble des bouches munies d'un dispositif de gestion. A titre d'exemple, si un logement est muni d'un dispositif central de passage en grand débit et qu'il est commandé par un dispositif manuel en cuisine et dans une salle de bains, le temps total de fonctionnement en grand débit sera de $14\text{ h} + 14\text{ h} = 28\text{ h}$. On appliquera donc cette durée et pour la cuisine et pour la salle de bains. Ces systèmes peuvent également faire l'objet d'un Avis Technique au sens de l'arrêté du 21 mars 2012, ou d'une procédure équivalente, précisant les règles de calcul à appliquer.
4. Pour les systèmes hygroréglables, le débit régulé correspond au débit énergétique équivalent calculé à partir des valeurs issues d'une procédure d'évaluation par tierce partie de l'aptitude à l'emploi du système incluant les prescriptions sur la justification de l'atteinte des performances des produits.

6.2.3.2.3 Cas des CTA et des VMC double flux

1. $(iS_{vent}(h) = 1)$

En présence d'un système avec recyclage de l'air, comme les CTA avec recyclage, **Crdbnr=1**. Les débits régulés sont définis ainsi :

$$q_{rep,CH,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,CH,max}^{g,s}$$

$$q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,CH,max}^{g,s} \quad (406)$$

Et

$$q_{rep,ZN,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,ZN,max}^{g,s}$$

$$q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,ZN,max}^{g,s} \quad (407)$$

Et

$$taux_{AN\_min}^{g,s} = taux_{AN\_min\_occ}^{g,s} \quad (408)$$

- Sinon :

Dans ce cas, **Crdbnr = 1** et les débits régulés sont définis ainsi

$$q_{rep,ZN,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,ZN,min}^{g,s}$$

$$q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,ZN,min}^{g,s} \quad (409)$$

Et

$$q_{rep,CH,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,CH,max}^{g,s}$$

$$q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,CH,max}^{g,s} \quad (410)$$

Et

$$taux_{AN,min}^{g,s} = taux_{AN,min,inocc}^{g,s} \quad (411)$$

6.2.3.3 Coefficient Cdep

Le coefficient de dépassement Cdep est un facteur multiplicatif visant à prendre en compte les contraintes de dimensionnement de l'installation de ventilation et la dispersion des caractéristiques de composants.

	Valeurs de Cdep
Valeur par défaut	1,30
Composants auto réglables certifiés	1,15
Composants hygroréglables certifiés et visés dans une procédure d'évaluation par tierce partie de l'aptitude à l'emploi du système	Cdep issu de l'évaluation

Tableau 58 : Valeurs de Cdep à considérer

6.2.3.3.1 Cas d'une ventilation autre que la CTA et que la VMC double flux

On intègre également l'impact du coefficient de dépassement.

$$q_{rep,dep}^{g,s} = Cdep \times q_{rep,regul}^{g,s} \quad (412)$$

$$q_{soufflé,dep}^{g,s} = Cdep \times q_{soufflé,regul}^{g,s} \quad (413)$$

Ce paragraphe traite de tous les systèmes de ventilation autre que les CTA et que les VMC double flux. Il traite aussi de l'aération (ouverture des fenêtres) et du débit de l'assistance mécanique des systèmes de ventilation hybride (naturelle assistée).

Cas particuliers :

1. Dans le cas de l'aération, Cdep = C_{fenb} quelle que soit l'occupation.
2. Pour le calcul conventionnel du BBIO, on utilise :

$$Cdep_{BBIO} = 1 \quad (414)$$

6.2.3.3.2 Cas des CTA et des VMC double flux

On intègre également l'impact du coefficient de dépassement.

$$q_{rep,CH,dep}^{g,s} = Cdep \times q_{rep,CH,regul}^{g,s} \quad (415)$$

$$q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} \quad (416)$$

$$q_{rep,ZN,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{rep,ZN,regul}^{g,s} \quad (417)$$

$$q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} \quad (418)$$

6.2.3.4 Prise en compte des fuites des réseaux

On présente dans ce paragraphe le mode de prise en compte des fuites dans les réseaux aérauliques, principalement entre les ventilateurs et le volume chauffé (voir figure 1).

Les fuites totales sont les suivantes :

$$q_{repris,fuites}^{g,s} = -3600 \times K_{res} \times A_{cond,rep}^{g,s} \times dP^{0.667} \quad (419)$$

Et/ou

$$q_{soufflé,fuites}^{g,s} = 3600 \times K_{res} \times A_{cond,soufflé}^{g,s} \times dP^{0.667} \quad (420)$$

K_{res} est fonction de la classe d'étanchéité du réseau :

Classe d'étanchéité du réseau Cletres	K_{res} (m ³ /(s.m ²) sous 1 Pa)
A	0,027 10 ⁻³
B	0,009 10 ⁻³
C	0,003 10 ⁻³
Valeur par défaut DEF	0,0675 10 ⁻³
Cas de l'aération et du BBio	0

Tableau 59 : Valeurs conventionnelles de K_{res}

Les valeurs de la différence de pression dP sont définies comme suit :

- Si $q_{rep,dep}^{g,s} = 0$; alors $dP = 0$ pour le calcul de $q_{rep,fuites}^{g,s}$
- Si $q_{souf,dep}^{g,s} = 0$; alors $dP = 0$ pour le calcul de $q_{souf,fuites}^{g,s}$
- Si non, les valeurs dP sont présentées dans le Tableau 60

La surface externe des conduits peut être soit fournie par l'utilisateur⁶, soit fournie par défaut. Ainsi,

- Si $Is\_surf\_cond\_def = 0$ (valeur utilisateur), l'utilisateur fourni la surface externe totale $A_{condrep}$ (ou $A_{cond,soufflé}$) et le ratio de fuite en volume chauffé $Ratfuitevc$ des réseaux aérauliques de l'objet bouche_conduit concerné.
- Si $Is\_surf\_cond\_def = 1$ (valeur par défaut), les surfaces des réseaux aérauliques sont calculées par :

- En Maison Individuelle

$$A_{cond}^{g,s} = SHAB \times Ratsurfcond \quad (421)$$

Dans le cas de systèmes doubles flux, la surface de conduite par défaut est appliquée au(x) conduit(s) de reprise et au(x) conduit(s) de soufflage :

⁶ En Maison individuelle, cette possibilité est conditionnée à la réalisation d'un test d'étanchéité à la réception

$$A_{cond,rep}^{g,s} = A_{cond}^{g,s} \quad (422)$$

Et

$$A_{cond,soufflé}^{g,s} = A_{cond}^{g,s} \quad (423)$$

Note : lorsque plusieurs bouches/conduit d'un même circuit (reprise/soufflage) sont définies pour un même groupe, la surface de chaque conduit est calculée au prorata de son débit de base.

- En non résidentiel ou en bâtiment collectif :

Cas d'une ventilation autre que la CTA et que la VMC double flux :

$$A_{cond,rep}^{g,s} = abs(q_{rep,max}^{g,s}) \times Ratdebcond \quad (424)$$

Et/ou

$$A_{cond,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,max}^{g,s} \times Ratdebcond \quad (425)$$

Cas d'une CTA ou d'une VMC double flux :

$$A_{cond,rep}^{g,s} = abs(q_{rep,CH,max}^{g,s}) \times Ratdebcond \quad (426)$$

Et/ou

$$A_{cond,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,CH,max}^{g,s} \times Ratdebcond \quad (427)$$

Les valeurs des ratios par défaut sont présentées dans le Tableau 60.

	Ratfuitevc	Ratsurfcond	Ratdebcond	dP en Haute Pression	dP en Basse Pression
	Ratio de part de conduit en volume chauffé	(m ² par m ² de SHAB)	m ² par m ³ /h	Pa	Pa
	Par défaut	conventionne ↓	conventionne ↓	conventionne ↓	conventionne ↓
Maison individuelle	0.25	0.05		80	20
Bâtiment collectif	0.5		0.05	160	20
Bâtiment non-résidentiel	0.75		0.05	250	

Tableau 60 : Valeurs des paramètres Ratfuitevc, Ratsurfcond et Ratdebcond

Les systèmes « Haute pression » regroupent les systèmes mécaniques simple flux (extraction et insufflation), les systèmes double flux, les CTA DAC, DAC TV et DAV.

Les systèmes « basse pression » sont les systèmes de ventilation naturelle par conduit et la ventilation hybride.

Au final :

Cas d'une ventilation autre que la CTA et que la VMC double flux :

$$q_{spec\_repris}^{g,s} = q_{rep,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (428)$$

$$q_{spec\_soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{soufflé,fuite}^{g,s} \quad (429)$$

Et les débits volumiques repris ou soufflés après prise en compte de la totalité des conduits (Débits vu par le ventilateur, à utiliser pour le dimensionnement) sont :

$$q_{repris,cond}^{g,s} = q_{rep,dep}^{g,s} + q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (430)$$

$$q_{soufflé,cond}^{g,s} = q_{soufflé,dep}^{g,s} + q_{soufflé,fuite}^{g,s} \quad (431)$$

Note :

En ventilation naturelle et dans le cas d'une ventilation hybride où l'assistance mécanique n'est pas activée, les débits ci-dessus définis sont calculés par les fiches correspondantes.

Cas d'une CTA ou d'une VMC double flux :

$$q_{spec,CH,repris}^{g,s} = q_{rep,CH,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (432)$$

$$q_{spec,CHsoufflé}^{g,s} = q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (433)$$

$$q_{spec,ZN,repris}^{g,s} = q_{rep,ZN,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (434)$$

$$q_{spec,ZN,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (435)$$

Et les débits volumiques repris ou soufflés après prise en compte de la totalité des conduits (Débits vu par le ventilateur, à utiliser pour le dimensionnement) sont :

$$q_{rep,CH,cond}^{g,s} = q_{rep,CH,dep}^{g,s} + q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (436)$$

$$q_{sou,CH,cond}^{g,s} = q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} + q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (437)$$

$$q_{rep,ZN,cond}^{g,s} = q_{rep,ZN,dep}^{g,s} + q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (438)$$

$$q_{sou,ZN,cond}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} + q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (439)$$

$$q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} = Cdep \times q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} \quad (383)$$

$$q_{rep,ZN,dep}^{g,s} = Cdep \times q_{rep,ZN,regul}^{g,s} \quad (384)$$

$$q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} = Cdep \times q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} \quad (385)$$

6.3 C_VEN_CTA et Double_flux

6.3.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme traite des systèmes de ventilation mécanique double flux. Elle décrit à la fois la VMC Double flux (fonctionnement aux débits hygiéniques sans recyclage) et les centrales de traitement d'air double flux à débit soufflé et extrait constant (CTA DAC) ou variables (CTA DAV), régulés ou non sur la charge thermique du local.

Ces systèmes ne sont pris en compte que dans les modes de calcul Th-C et Th-DC.

On peut remarquer que contrairement aux centrales double flux (VMC DF) qui n'assurent que le prétraitement et la fourniture de l'air hygiénique, les centrales sont aussi utilisées pour le traitement thermique des locaux.

Cette fiche algorithme décrit le calcul des températures, de l'humidité de l'air repris et soufflé ainsi que les puissances des auxiliaires. Elle décrit aussi l'impact énergétique des ventilateurs et leurs modes de gestions.

Cette description repose sur la modélisation simplifiée d'un système de ventilation décrite en Figure 67 et basé sur la norme européenne **NF EN 16798**.

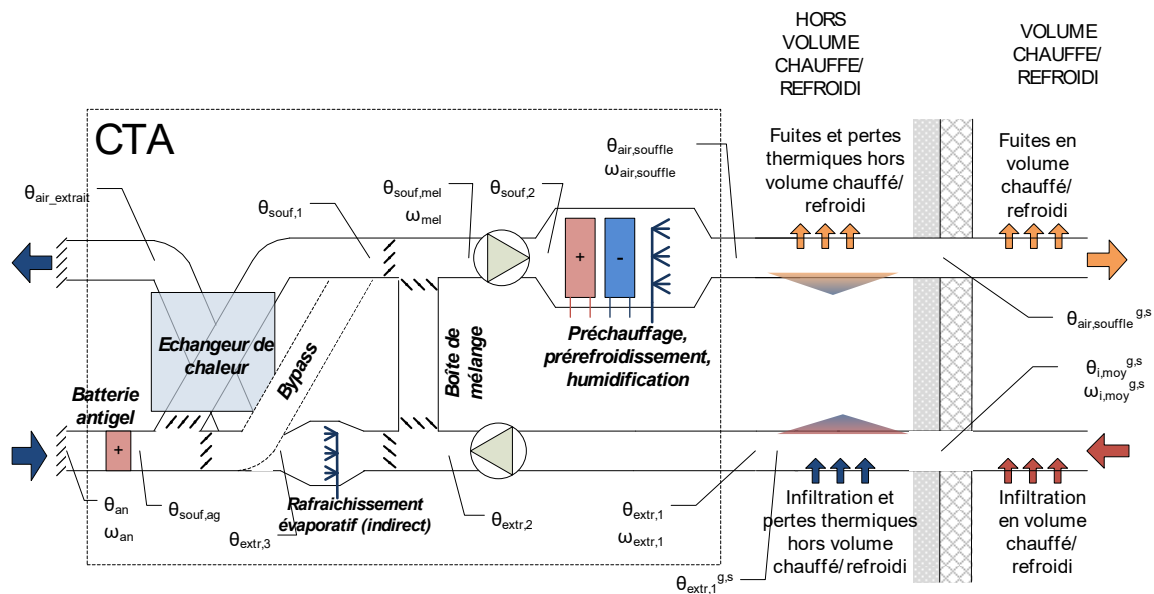


Figure 69. Modélisation d'une centrale de traitement d'air mono-gaine à débit d'air constant

6.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 61 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
Environnement	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique extérieure au pas de temps h	kg/kgas
	$b^{et}(h)$	Coefficient b thermique de l'espace tampon pour la prise en compte des déperditions par les conduits aérauliques hors volume chauffé.	Réel
	$is_{vent}(h)$	Indicateurs d'occupation au sens de la ventilation (scénarios) : <i>1 : locaux occupés au sens de la ventilation</i>	-
Environnement intérieur	$i_{relance}(h)$	Indicateur de phase de relance de la centrale : <i>0 : hors période de relance</i> <i>1 : période de relance</i>	Bool
	$Aut_{fr,pro}^{g,s}(j)$	Indicateur de saison propre de refroidissement de chaque bouche-conduit g,s relié à la centrale de ventilation <i>0 : hors saison de refroidissement</i> <i>1 : en saison de refroidissement</i>	Bool
	$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison de chauffage effective de la CTA. <i>0 : hors saison de chauffage</i> <i>1 : en saison de chauffage.</i>	Bool
	$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement effective de la CTA. <i>0 : hors saison de refroidissement</i> <i>1 : en saison de refroidissement</i>	Bool
Groupe	$IS_{climatiser}^{gr}$	Indicateur de groupe climatisé pour chaque groupe relié à la centrale : <i>0 : non-climatisé</i> <i>1 : climatisé</i>	Bool
	$\theta_{i,fin}^{gr}(h-1)$	Température de l'air intérieur du groupe à la fin du pas de temps précédent	°C
	$\omega_{i,fin}^{gr}(h-1)$	Humidité absolue de l'air intérieur du groupe gr à la fin du pas de temps précédent	kg/kgas
	$\rho_{i,fin}^{gr}(h-1)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr à la fin du pas de temps précédent	kg/m ³
	$is_{besoin\_ch}^{gr}(h-1)$	Indicateurs de besoins de chauffage et de refroidissement au pas de temps	-
	$is_{besoin\_fr}^{gr}(h-1)$		
	$is_{report\_ch}^g(h-1)$	Indicateur spécifiant si une génération de chauffage/refroidissement reliée au groupe était en situation de report d'énergie au pas de temps $h-1$	-
	$is_{report\_fr}^g(h-1)$		
	$q_{rep,cond}^{g,s}$	Débit volumique repris et soufflé par le composant bouches-conduits g,s en ajoutant les fuites aérauliques aux débits spécifiques (cas des systmes double flux)	m ³ /h
	$q_{sou,cond}^{g,s}$		

Puits climatique et hydraulique	$Q_{rep, rafnoc\_cond}^{g,s}$ $Q_{sou, rafnoc\_cond}^{g,s}$	Débit volumique repris et soufflé en surventilation mécanique par le composant bouches-conduits g,s en ajoutant les fuites aérauliques aux débits spécifiques	m ³ /h		
	$Q_{rep, ZN\_cond}^{g,s}$ $Q_{sou, ZN\_cond}^{g,s}$	Débit volumique repris et soufflé en zone neutre par le composant bouches-conduits g,s en ajoutant les fuites aérauliques aux débits spécifiques (cas des CTA)	m ³ /h		
	$Q_{rep, CH\_cond}^{g,s}$ $Q_{sou, CH\_cond}^{g,s}$	Débit volumique repris et soufflé en mode actif par le composant bouches-conduits g,s en ajoutant les fuites aérauliques aux débits spécifiques (cas des CTA)	m ³ /h		
	$Q_{rep, fuite, hvc}^{g,s}$ $Q_{sou, fuite, hvc}^{g,s}$	Débit volumique de fuite hors volume chauffé repris et soufflé par le composant bouches-conduits g,s	m ³ /h		
	$T_{aux, AN\_min}^{g,s}$	Taux d'air neuf minimal en présence de recyclage soufflé par le composant bouches-conduits g,s	-		
	$Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)$ $Q_{sys\_fr}^{g,s}(h)$	Demandes en énergie de chauffage et de refroidissement transmises par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits g,s à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh		
	$\theta_{air, out}^{PC}(h)$	Température en sortie du puits climatique au pas de temps h	°C		
	$\theta_{eau, out}^{PH}(h)$	Température de l'eau glycolée après passage dans le puits hydraulique	°C		
	$Q^{PH}(h)$	Débit de l'eau glycolée dans le puits hydraulique au pas de temps h (<i>Puits hydraulique</i>)	m ³ /h		
	$W_{elec(rec)}^{PH,S}(h)$	Quantité d'énergie absorbée par la pompe du puits hydraulique au pas de temps h	Wh		
Paramètres d'intégration du composant					
	Nom	Description	Unité	Min	Max
Bouches-conduits	$A_{cond, rep}^{g,s}$ $A_{cond, souf}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage du composant bouches-conduits g,s	m ²	0	+∞
	$R_{rep}^{g,s}$ $R_{sou}^{g,s}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de reprise et de soufflage située hors volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	m ² K/W	0	+∞
	$Dugd^{g,s}$	Durée d'utilisation du grand débit au niveau de la bouche/conduit g,s par semaine type.	h/sem	0	168
Ventilateur	$P_{vent, base, rep}$ $P_{vent, base, sou}$ $P_{vent, pointe, rep}$ $P_{vent, pointe, sou}$	Centrale double flux en usage d'habitation : Puissances électriques des ventilateurs sur l'air repris et soufflé en débit de base et débit de pointe	W	0	+∞

Régulation bypass	$P_{vent,rep,occ}$ $P_{vent,sou,occ}$ $P_{vent,rep,in}$ $P_{vent,inocc,sou}$ $P_{vent,rep,CH}$ $P_{vent,sou,CH}$ $P_{vent,rep,ZN occ}$ $P_{vent,sou,ZN occ}$ $P_{vent,rep,ZN inocc}$ $P_{vent,sou,ZN inocc}$	Centrale double flux en usage autre que d'habitation : Puissances électriques des ventilateurs sur l'air repris et soufflé, en occupation et inoccupation	W	0	$+\infty$	-
	$Id_{puits\_climatique}$	Index unique du puits climatique auquel est raccordé la centrale. <i>Si 0, pas de raccordement.</i>	Ent	0	$+\infty$	-
	$Id_{puits\_hydraulique}$	Index unique du puits hydraulique auquel est raccordé la centrale. <i>Si 0, pas de raccordement.</i>	Ent	0	$+\infty$	-
	$\theta_{ext,bypass,hiver}$ $\theta_{ext,bypass,été}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	$-\square$	$+\square$	
	$\theta_{int,bypass,hiver}$ $\theta_{int,bypass,été}$	Température intérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	$-\square$	$+\square$	
	θ_{ENC} θ_{ENF}	Plage de température de fonctionnement de la centrale en tout air neuf.	°C	$-\square$	$+\square$	
	$Type\_regul\_AN$	Type de régulation du taux d'air neuf 0) <i>régulation standard</i> 1) <i>régulation optimisée</i>	-	0	1	-
	$Is\_ChaudHR$	Présence d'un humidificateur d'hiver : 0 : <i>non</i> 1 : <i>oui</i>	Bool	0	1	
	$Type_{Humidification}$	Type d'humidificateur d'hiver: 1 : <i>à vapeur</i> 2 : <i>pulvérisation, ruissellement ou évaporation</i>	Entier	1	2	
	η_{hum}	Efficacité de l'humidificateur à pulvérisation, ruissellement ou évaporation en %	%	0	1	0,8
Régulation du préchauffage et du prérefroidissement	ω_{cons}	Humidité spécifique de consigne pour l'humidificateur d'hiver	kg/kgas	0	1	-
	$Is\_prechaud$	Présence d'une batterie de préchauffage régulée en fonction de la température d'air neuf	Bool	0	1	-
	$Is\_prefroid$	Présence d'une batterie de prérefroidissement régulée en fonction de la température d'air neuf	Bool	0	1	-
	$\theta_{cons\_prechaud}$	Température de consigne de soufflage pour la fonction préchauffage	°C	0	$+\square$	-
	$\theta_{cons\_prefroid}$	Température de consigne de soufflage pour la fonction prérefroidissement	°C	0	$+\square$	-

$\theta_{ex\_prechaud}$	Température extérieure au dessus de laquelle le préchauffage n'est pas autorisé	°C	-□	+□	-
$\theta_{ex\_prefroid}$	Température extérieure au dessous de laquelle le prérefroidissement n'est pas autorisé	°C	-□	+□	-
$\theta_{dim,fr}$	Température nominale moyenne du fluide à l'intérieur de la batterie de prérefroidissement	°C	0	+∞	
Is_chaud	Présence d'une batterie de chauffage régulée en fonction de la charge thermique	Bool	0	1	-
Is_froid	Présence d'une batterie de refroidissement régulée en fonction de la charge	Bool	0	1	-
$Type\_humidification\_Eté$	Présence et type de rafraichissement évaporatif : <i>0 : pas d'humidificateur d'été</i> <i>1 : humidificateur direct</i> <i>0 : humidificateur indirect</i>	Ent	0	2	
θ_{i_base} $\Delta\theta_{i1}$ $\Delta\theta_{i2}$	Paramètres de régulation du profil à hystérésis pour le rafraichissement évaporatif	°C	0	+□	-

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Description de l'échangeur statique	Nature de la représentation de l'échangeur : <i>0 : représentation simplifiée</i> <i>1 : représentation détaillée</i>	-	0	1	
	Statut de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode ventilation seule. <i>0 : Valeur déclarée par le fabricant (par défaut),</i> <i>1 : Valeur justifiée,</i> <i>2 : Valeur certifiée</i>	Ent	0	2	
	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode ventilation seule	-	0	1	
	Coefficient d'échange global de l'échangeur pour une représentation détaillée	W/K	0	+∞	
	Nature de l'échangeur: <i>1 : écoulements à contre-courant</i> <i>2 : écoulements à courants parallèles</i> <i>3 : écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés</i>	-	1	3	
	Bypass de l'échangeur : <i>0 : absence,</i> <i>1 : présence.</i>	-	0	1	
	Puissance de l'échangeur (échangeurs à roue)	W	0	+∞	
	Sécurité antigel de l'échangeur : <i>0 : absence d'antigel,</i> <i>1 : présence d'un antigel.</i>	-	0	1	

Rafrachissement	$\theta_{s,ech,rep,LIM}$	Température limite basse de sortie coté rejet de l'échangeur (fonction antigel)	°C	-10	10	
	$Type\_eff\_echangeur\_PH$	Type de valeur choisi pour définir l'efficacité de la batterie du puits hydraulique : 0. Valeur par défaut 1. Valeur saisie par l'utilisateur	-	0	1	-
	$Type\_Surventilation\_PH$	Présence d'une fonction de surventilation d'été associée au puits hydraulique : 0 : Pas de surventilation, 1 : Surventilation d'été synchronisée avec le fonctionnement du puits hydraulique	-	0	1	-
	P_{ch}	Puissance de la batterie du puits hydraulique en mode préchauffage pour un air neuf à -10°C et une température d'eau entrant dans la batterie de 10°C, aux débits nominaux d'air et d'eau.	kW	0	+ ∞	
	P_{fr}	Puissance de la batterie du puits hydraulique en mode prérefroidissement pour un air neuf à 30°C et une température d'eau entrant dans la batterie de 10°C, aux débits nominaux d'air et d'eau du projet.	kW	0	+ ∞	
	η_{hum_indir}	Rendement de l'humidificateur indirect	-	0	1	0.8
	η_{hum_dir}	Rendement de l'humidificateur direct	-	0	1	0.8

Sorties

Nom	Description	Unité
$\theta_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	Température de l'air soufflé pour le composant bouches-conduits g,s .	°C
$\omega_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	Humidité de l'air soufflé	kg/kgas
$\rho_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	Masse volumique de l'air soufflé	kg/m ³
$W_{vent}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système	Wh
$W_{aux\_chaudHR}(h)$	Consommation électrique de la pompe de l'humidificateur d'hiver	Wh
$W_{aux\_adiab}(h)$	Consommation électrique de la pompe de l'humidificateur d'été	Wh
$W_{aux\_v}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation au niveau du groupe	Wh
$Taux_{AN}(h)$	Taux d'air neuf du système au pas de temps h.	
$W_{ech}(h)$	Consommations électriques liées à l'échangeur (échangeur à roue).	Wh

$Q_{prefroid}(h)$	Besoin d'énergie en prérefroidissement au pas de temps h	Wh
$Q_{prechaud}(h)$	Quantité d'énergie à fournir pour le préchauffage de l'air au pas de temps h	Wh
$Q_{froid}(rec)(h)$	Quantité d'énergie recalculée requise par la centrale pour couvrir le besoin de froid au pas de temps h	Wh
$Q_{chaud}(rec)(h)$	Quantité d'énergie recalculée requise par la centrale pour couvrir le besoin de froid au pas de temps h	Wh
$Q_{HR}(h)$	Quantité d'énergie à fournir pour l'humidification de l'air (à vapeur) au pas de temps h	Wh
$Q_{ag}(h)$	Quantité d'énergie à fournir pour la fonction antigel	Wh
$q_{m,air\_extrait}(h)$	Débit d'air rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s
$\theta_{air\_extrait}(h)$	Température de l'air rejeté par la centrale, température utilisée pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	°C

Variables internes

Nom	Description	Unité
Aut_adiab	Indicateur d'autorisation de la fonction de rafraichissement adiabatique 0 : pas de rafraichissement adiabatique possible 1 : rafraichissement adiabatique autorisé	
$A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ $A_{cond,souf,ext}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage hors volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	m ²
$H_{cond,rep,ext}^{g,s}$ $H_{cond,souf,ext}^{g,s}$	Conductivité thermique du conduit de reprise et de soufflage sur leur partie hors volume chauffé	W/K
$q_{m-AN\_nom\_occ\_cond}$	Débit massique nominal total d'air neuf des centrales de ventilation connectées au puits hydraulique en période d'occupation (incluant les débits de fuite réseau et le coefficient de dépassement des bouches)	kg/s
$q_{m\_sou\_rafnoc\_cond}$	Débit massique d'air neuf total des centrales de ventilation connectées au puits hydraulique en période de surventilation (incluant les débits de fuite réseau et le coefficient de dépassement des bouches)	kg/s
$q_{m,eau,été}^{pompe}$	Débit massique d'eau fourni par l'humidificateur d'été	kg/s
$q_{m,eau,hiver}^{pompe}$	Débit massique d'eau fourni par l'humidificateur d'hiver	kg/s
$Aut_{ch}(j)$ $Aut_{fr}(j)$	Indicateur de saison de chauffage et de refroidissement internes à la centrale de ventilation	Bool
$\theta_{i,moy}^g$	Température moyenne barycentrique des groupes connectés à la centrale	

Propriétés des fluides	$\theta_{inc}^{g,s}(h)$	Température de local non-chauffé pour le calcul des fuites et pertes des conduits aérauliques.	°C
	$BP(h)$	Facteur de bypass équivalent de la batterie ou évaporateur froid (pour le calcul de la déshumidification)	-
	$P_{zn}(h)$	Déperdition (ou apport) thermique par la centrale en mode zone neutre au pas de temps h.	W
	$P_{sys\_CH/FR\_max}(h)$	Puissance maximale en chaud ou froid que peut fournir la centrale aux bouches (basée sur la température et le débit nominal).	W
	$T_{CH/FR}(h)$	Taux de charge équivalent de la centrale.	W
	$Q_{sys,ch}$ $Q_{sys,fr}$	Demande en energie de chauffage ou refroidissement pour la centrale au pas de temps h	Wh
	$Q_{sys\_lat\_fr}$	Quantité d'énergie latente à fournir suite au refroidissement de l'air	Wh
	$i_{rafinocc\_activé}(h)$	Statut effectif du rafraichissement par surventilation mécanique : <i>0 : désactivé,</i> <i>1 : activé.</i>	Ent
	$\theta_{sou,bouches}(h)$	Température d'air soufflé requise en moyenne sur l'ensemble des bouches	°C
	$\theta_{batt}(h)$	Température de batterie froide ou de l'évaporateur pour la prise en compte de la déshumidification.	°C
	$\theta_{i,cond}^{g,s}(h)$	Température de l'air repris en prenant en compte les fuites aérauliques hors volume chauffé du composant bouches-conduits <i>g,s</i>	°C
	$\theta_{extr1}^{g,s}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit pour le composant bouches-conduits <i>g,s</i>	°C
	$\theta_{extr1}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes des conduits au niveau de la centrale	°C
	$\theta_{extr2}(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction de la centrale	°C
	$\theta_{extr3}(h)$	Température de l'air repris après impact de l'échangeur statique de la centrale	°C
	$\theta_{an}(h)$	Température de l'air neuf vu par la centrale	°C
	$\theta_{souf\_ag}(h)$	Température de l'air soufflé après passage dans la batterie antigel	°C
	$\theta_{ech,min}(h)$	Température d'air neuf minimale permettant d'éviter le gel dans l'échangeur	°C
	$\theta_{souf\_prechaud}(h)$	Température en sortie de la batterie de préchauffage	°C
	$\theta_{souf1}(h)$	Température de l'air soufflé après impact l'échangeur statique de la centrale de la centrale	°C
	$\theta_{souf2}(h)$	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur de soufflage de la centrale	°C
	$\omega_{souf,2}(h)$	Humidité spécifique après le ventilateur de soufflage	kg/kg s

Variables internes de débits	$\theta_{\text{souf}3}(h)$	Température de l'air après les batteries chaude, froide ou d'humidification	°C
	$\omega_{\text{souf}3}(h)$	Humidité de l'air après les batteries chaude, froide ou d'humidification	kg/kgas
	$\theta_{\text{souf,mel}}(h)$	Température de l'air soufflé après la boîte de mélange	°C
	$\omega_{\text{extr}}(h)$	Humidité absolue de l'air repris.	kg/kgas
	$\omega_{\text{souf,mel}}(h)$	Humidité de l'air soufflé après la boîte de mélange	kg/kgas
	$\rho_{\text{an}}(h)$	Masse volumique d'air neuf vue par la centrale	kg/m³
	$\Delta\omega(h)$	Variation d'humidité de l'air soufflé entre avant et après l'étape de refroidissement	kg/kgas
	$\omega_{\text{sat}}(h)$	Humidité spécifique à saturation pour l'air soufflé à la température de surface du refroidisseur	kg/kgas
	$\omega_{\text{lim,hum}}(h)$	Humidité spécifique limite en sortie de l'humidificateur	kg/kgas
	$\theta_{\text{air,souffle}}(h)$	Température de l'air à la sortie de la centrale	°C
	$\omega_{\text{air\_souffle}}(h)$	Humidité spécifique de l'air à la sortie de la centrale	kg/kgas
	$\theta_{\text{souf\_CH/FR}}(h)$	Température de l'air en sortie de la centrale après prise en compte du chauffage/refroidissement	°C
	$\omega_{\text{souf\_CH/FR}}(h)$	Humidité spécifique de l'air en sortie de la centrale après prise en compte du chauffage/refroidissement	kg/kgas
	$P_{\text{vent,rep}}(h)$ $P_{\text{vent,sou}}(h)$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage au pas de temps h	W
	$q_{m,\text{rep}}(h)$ $q_{m,\text{sou}}(h)$	Débits massiques repris et soufflé de la centrale de ventilation en intégrant les fuites aérauliques, recalculés au pas de temps h.	kg/s
	$q_{m,\text{rep,spec}}^{g,s}(h)$ $q_{m,\text{sou,spec}}^{g,s}(h)$	Débit massique repris et soufflé en intégrant les fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	kg/s
	$q_{m,\text{rep,spec}}(h)$ $q_{m,\text{sou,spec}}(h)$	Débit massique total repris et soufflé vu par la centrale en intégrant les fuites aérauliques en volume chauffé de tous les composant bouches-conduits connectés	kg/s
	$q_{m,\text{rep,cond}}^{g,s}(h)$ $q_{m,\text{sou,cond}}^{g,s}(h)$	Débit massique repris et soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s.	kg/s
	$q_{m,\text{rep,cond}}(h)$ $q_{m,\text{sou,cond}}(h)$	Débit massique total repris et soufflé vu par la centrale en intégrant les fuites aérauliques de tous les composant bouches-conduits connectés	kg/s

Echangeur statique	$q_{m,air\ neuf}(h)$	Débit massique d'air neuf soufflé	kg/s
	$q_{m,air\ neuf\_min}^{g,s}(h)$	Débit massique d'air neuf minimal (hygiénique) à souffler pour le composant bouches-conduits g,s	kg/s
	$q_{m,air\ neuf\_min}(h)$	Débit massique d'air neuf minimal (hygiénique) à souffler	kg/s
	$\delta_{bypass}(h)$	Indicateur d'activation du by-pass de l'échangeur statique.	-
	$\theta_{e,ech,min}(h)$	Température d'air neuf de déclenchement de l'antigel	°C
	$\varepsilon(h)$	Efficacité de l'échangeur au pas de temps h.	-
	$C_{air\_repris}(h)$ $C_{air\_neuf}(h)$	Débit capacitif de l'air repris et de l'air neuf (pour la caractérisation des performances de l'échangeur)	W/K
	$C(h)$	Rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux-fluides de l'échangeur	-
	$NUT(h)$	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur	-
	$C_{air\_rejeté}(h)$	Débit capacitif de l'air rejeté	W/K
Puits hydraulique	θ_{air,out_batt_ch} θ_{air,out_batt_fr}	Température d'air en sortie de la batterie eau/air dans les conditions nominales de débits et de températures d'entrée d'air/d'eau	°C
	$\varepsilon_{batt\_PH\_ch}$ $\varepsilon_{batt\_PH\_fr}$	Efficacité de la batterie eau-air du puits hydraulique calculée à l'aide des puissances de batterie, en mode préchauffage ou pré-refroidissement de l'air	Réel (0-1)
	$q_{m-AN-hiv}$ $q_{m-AN-ete}$	Débit massique d'air neuf de référence de la centrale lors de l'activation du puits hydraulique, en saison de chauffe et hors saison de chauffe	kg/s
	$\varepsilon_{batt-PH}(h)$	Efficacité de la batterie eau-air du puits hydraulique calculée à l'aide des au pas de temps h	Réel (0-1)
	θ_{hum_1} θ_{hum_2} θ_{hum_3} θ_{hum_4}	Températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe ou indirecte	
Rafraichissement	$\xi_{hum\_indir}(h)$ $\xi_{hum\_dir}(h)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect ou direct au pas de temps h	

$\xi_{hum\_indir}(h-1)$ $\xi_{hum\_dir}(h-1)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect ou direct au pas de temps h-1		
Constantes			
Nom	Description	Unité	Valeur
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006
C_{pv}	Chaleur massique de la vapeur d'eau.	J/kgK	1830
C_{pe}	Chaleur massique de l'eau.	J/kgK	4180
L_v	Chaleur de vaporisation de l'eau	J/kg	2501000
ρ_{ref}	Masse volumique de l'air de référence	kg/m ³	1,2
θ_{ref}	Température d'air correspondant à la masse volumique de l'air de référence	°C	20
P_{el}	Rendement des ventilateurs	-	0,8
$\epsilon_{utile\ max}$	Efficacité maximale de l'échangeur en l'absence de valeurs certifiées ou justifiées	-	0,5
A, B, C	Constantes empiriques de calcul de l'humidité spécifique à saturation à une température d'air donnée	-	A= 18,8161 B=4110,34 C =235,0
$\eta_{el,vent}$	Rendement des ventilateurs	-	0,8
ρ_{eau_gl}	Masse volumique de l'eau glycolée (<i>Puits hydraulique</i>)	kg/m ³	1040
Cp_{eau_gl}	Capacité calorifique de l'eau glycolée (<i>Puits hydraulique</i>)	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	3751
$\epsilon_{batt\_PH\_défaut}$	Efficacité par défaut de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-	0,65

Tableau 61 : Nomenclature du modèle

6.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

6.3.3.1 Principe général

Cette fiche décrit la modélisation de 4 types de système de ventilation mécanique, distingués par le paramètre Type_ventilation_mecanik :

- 1- Groupe de ventilation double flux
- 2- Centrale de prétraitement d'air à débit constant
- 3- Centrale de traitement d'air à débit constant et température variable
- 4- Centrale de traitement d'air à débit variable

On décrit successivement le calcul des débits, des consommations de ventilateurs, des températures et des humidités pour la partie centrale. Les sorties sont :

- la consommation électrique des ventilateurs ainsi que celles des autres auxiliaires,
- les besoins de (pré)chauffage et de (pré)refroidissement par type de générateur.

Les consommations électriques des pompes des humidificateurs (hiver et été) sont incluses dans les consommations d'auxiliaires de ventilation.

Le modèle tient compte des déperditions thermiques par les conduits.

6.3.3.1.1 Description d'une VMC Double flux (Type_ventilation_mecanik=1)

Les systèmes de ventilation mécanique contrôlée double flux sont constitués des éléments de base suivant :

- Echangeur,
- Ventilateurs.

Ils peuvent être complétés par les éléments suivants :

- Bypass
- Batterie antigel associée à l'échangeur,
- Batteries de préchauffage et de prérefroidissement,
- Dispositif d'humidification pour l'hiver,
- Dispositif d'humidification directe ou indirecte pour le confort d'été.
- Dispositif de rafraîchissement par surventilation mécanique

Ces dispositifs ne disposent pas d'une boucle de recyclage, les débits soufflés et extraits sont constants (mis à part en période de surventilation mécanique) et constitués à 100% d'air neuf.

6.3.3.1.2 Description d'une Centrale de traitement d'air (Type_ventilation_mecanik=2, 3 ou 4)

Les centrales de traitement d'air se distinguent des centrales doubles flux par la présence de boucle de recyclage sur l'air soufflé permettant le soufflage de débits supérieurs aux débits hygiéniques. Elles comprennent en général des batteries régulées en fonction de la température intérieure. Plusieurs types de gestion seront différenciés :

- Préchauffage/Prérefroidissement à température et débits de soufflage constants
- Chauffage/refroidissement à température de soufflage variable régulée selon la charge thermique du local et débit de soufflage constant
- Chauffage/refroidissement à température de soufflage constante et débit de soufflage variable régulé selon la charge thermique du local

L'humidification est toujours à poids d'eau constant.

Les centrales de traitement d'air ne sont pas prévues pour les usages résidentiels.

6.3.3.1.3 Système équivalent

En présence de batterie chaude ou froide, le système réel est représenté par un système équivalent du point de vue énergétique, composé :

- d'une centrale assurant la fourniture d'air neuf, le soufflage et l'extraction de l'air, ainsi que son (pré)traitement éventuel. Elle calcule la consommation électrique des auxiliaires et les consommations impliquées par un (pré)traitement de l'air. On intègre également les fonctions de free cooling,
- d'un ou plusieurs émetteurs locaux permettant de combler les besoins de chauffage et refroidissement s'il y a lieu (cas des CTA-DAC). En présence de batteries terminales de chauffage, celles-ci sont représentées par les émetteurs locaux,
- de réseaux hydrauliques, qui doivent être tels qu'ils puissent relier les batteries chaude et/ou froide, les batteries terminales le cas échéant et les émetteurs locaux aux générateurs correspondants.

En présence de préchauffage et/ou de prérefroidissement avec batterie terminale, un réseau relie la batterie de préchauffage à la génération de chaleur et un réseau relie la batterie de prérefroidissement à la génération de froid, l'émetteur local est alors relié par un réseau sans pertes. Pour ce dernier, on applique la méthode de détermination des besoins dans les conditions suivantes :

- le débit d'eau est variable dans la batterie, la température de la batterie est déterminée sur la base des besoins,
- pas de calcul de consommation de ventilateur, il est pris en compte dans la CTA.

En l'absence de préchauffage et/ou de prérefroidissement, le réseau relie alors l'émetteur local et la génération de chaleur et la génération de froid. S'il y a des batteries terminales de chauffage elles sont reliées à la génération de chaleur.

6.3.3.1.4 Principe de gestion des débits

En usage résidentiel, il est fait l'hypothèse que seul le système double flux

(Type_ventilation_mecanik=1) est compatible, le débit de la centrale est alors constant hormis en période de rafraîchissement par surventilation mécanique.

En usage non résidentiel, les CTA sont caractérisées par 3 débits :

- Un débit en zone neutre en inoccupation (indice ZN_innoc) consistant au débit d'hygiène minimal en inoccupation
- Un débit en zone neutre en occupation (indice ZN_occ) consistant au débit d'hygiène minimal en occupation
- Un débit nominal en mode actif (indice CH), correspondant au débit soufflé en cas d'utilisation des batteries chaude/froide

La gestion des débits totaux est ensuite différenciée selon le type de CTA et la présence d'un dispositif de rafraîchissement adiabatique.

6.3.3.1.4.1 Absence d'un système de rafraîchissement adiabatique (Type_Humidification_Ete=0)

Cas des CTA à débit constant (Type_ventilation_mecanik=2 ou 3)

Pour les CTA à débit constant, les débits totaux sont soit le débit minimum d'inoccupation, soit le débit nominal en mode actif. Le débit en zone neutre en occupation est alors seulement utilisé pour quantifier le débit d'air neuf en occupation. La gestion des débits totaux est fonction de la programmation horaire, de l'occupation et de la charge thermique en inoccupation comme indiqué sur la figure suivante. Le fonctionnement est constant sur un pas de temps.

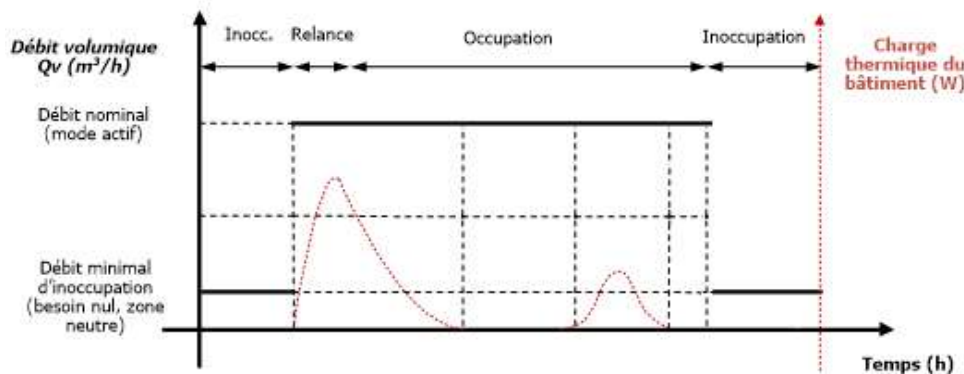


Figure 70 : illustration de la régulation à débit constant

Ainsi,

1. En occupation au sens de la ventilation ($i_{vent}(h) = 1$) :

Le débit volumique total est toujours pris égal au débit d'air en mode actif. Le débit d'air neuf minimal est égal au débit de zone neutre en occupation et, si cela présente un intérêt thermique, un débit nominal tout air neuf peut être soufflé.

2. En inoccupation au sens de la ventilation ($i_{vent}(h) = 0$) :

Le débit d'air neuf est toujours pris égal au débit de zone neutre en inoccupation. Le débit volumique total est cependant variable :

- En période de relance ou lorsque les besoins au pas de temps précédent ont été détectés, le débit volumique total est pris égal au débit nominal en mode actif pour le pas de temps considéré. Dans le cas de la CTA à débit constant et à température régulée selon la charge thermique du local (Type_ventilation_mecanik=3), cette configuration est également mise en place, lorsque la puissance fournie par l'UAT au pas de temps précédent a été insuffisante pour couvrir les besoins en énergie ($i_{report\_ch}^q(h-1) = 1$ ou $i_{report\_fr}^q(h-1) = 1$)

- Dans le cas contraire, le débit volumique est pris égal au débit de zone neutre en inoccupation

Cas des CTA à débit variable (Type ventilation mecaniq=4)

Dans le cas des CTA à débit variable, la gestion est assimilée à une régulation à trois débits fonction de l'occupation, la programmation horaire de la charge thermique telle que représentée sur la figure suivante. La durée de fonctionnement à chaque pas de temps horaire est ensuite adaptée en fonction de la charge thermique.

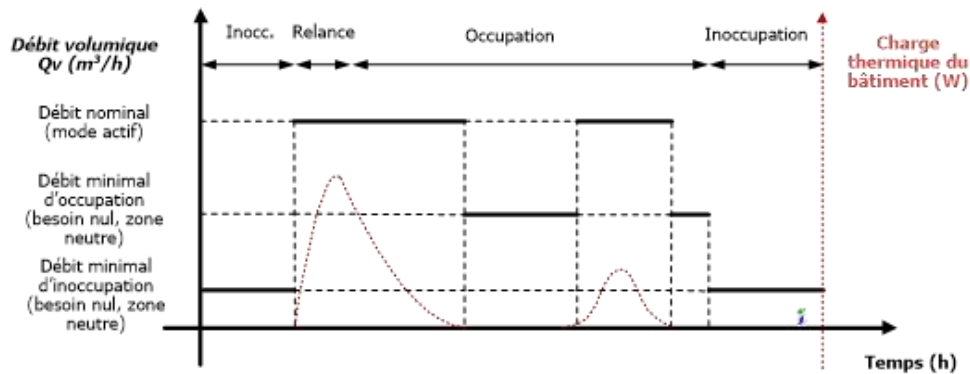


Figure 71 : illustration de la régulation à débit variable en fonction de la charge thermique

Ainsi,

1. En occupation au sens de la ventilation ($i_{vent}(h) = 1$) :
 - Lorsque les besoins sont nuls ($\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) = 0$ ou $\sum Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) = 0$ Wh), le débit volumique est pris égal au débit d'air de la zone neutre en occupation. Le taux d'air neuf est alors de 100%.
 - Lorsque les besoins sont non-nuls ($\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) > 0$ ou $\sum Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) < 0$ Wh) ou lorsque la puissance fournie par l'UAT au pas de temps précédent a été insuffisante pour couvrir les besoins en énergie ($i_{report\_ch}^g(h-1) = 1$ ou $i_{report\_fr}^g(h-1) = 1$), le débit volumique bascule au débit nominal en occupation (mode actif). Le débit d'air neuf minimal est égal au débit de la zone neutre en occupation et, si cela présente un intérêt thermique, un débit nominal tout air neuf peut être soufflé.
2. En inoccupation au sens de la ventilation ($i_{vent}(h) = 0$) :
 - Lorsque les besoins sont nuls ($\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) = 0$ ou $\sum Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) = 0$ Wh), le débit volumique est pris égal au débit de zone neutre en inoccupation et le taux d'air neuf est de 100%.
 - En période de relance ou lorsque les besoins sont non-nuls ($\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) > 0$ ou $\sum Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) < 0$ Wh) ou lorsque la puissance fournie par l'UAT au pas de temps précédent a été insuffisante pour couvrir les besoins en énergie ($i_{report\_ch}^g(h-1) = 1$ ou $i_{report\_fr}^g(h-1) = 1$), le débit volumique bascule au débit nominal en occupation (mode actif), le débit d'air neuf restant égal au débit de zone neutre en inoccupation.

Note :

1. si la centrale est reliée à des bouches situées dans différents groupes, lorsqu'un de ces groupes est en phase relance ou lorsqu'il présente un besoin de chaud ou un besoin de froid, la centrale fonctionne comme ci-dessus et tous les groupes qui lui sont reliés sont irrigués.
2. Lors des périodes de rafraîchissement par surventilation mécanique, le débit peut être porté à un débit nominal de rafraîchissement par surventilation mécanique afin de profiter des faibles températures extérieures pour abaisser la température intérieure du bâtiment. Le taux d'air neuf est alors de 100% et le récupérateur est bypassé.

6.3.3.1.4.2 Présence d'un système de rafraîchissement adiabatique (Type_Humidification_Ete=1 ou 2)

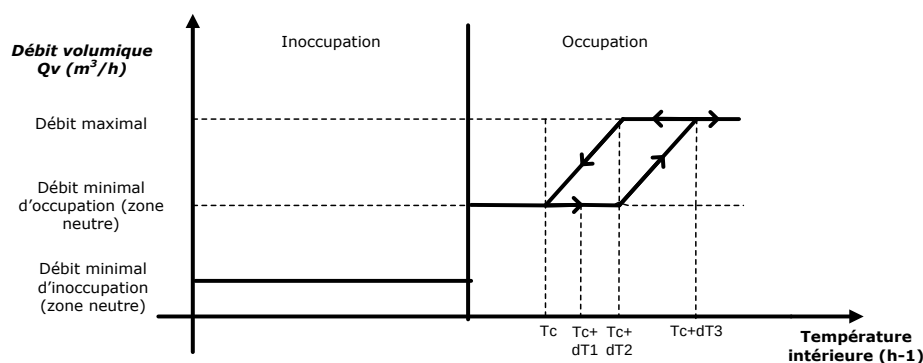
Cas des CTA à débit constant et systèmes double flux (Type_ventilation_mecaniqu=1,2 ou 3)

La gestion des débits est identique à celle présentée en cas d'absence de système adiabatique.

Cas des CTA à débit variable (Type_ventilation_mecaniqu=4)

Dans ce cas, lorsque l'activation de la fonction de rafraîchissement adiabatique n'est pas autorisée (Aut_adiab=0), la gestion des débits est identique à celle présentée en cas d'absence de système adiabatique.

Dans le cas contraire ou l'activation du système adiabatique est autorisée (Aut_adiab=1), on utilise une régulation de débit basée sur un hystérésis fonction de la température intérieure au pas de temps précédent comme présenté sur la figure suivante.



Ainsi,

1. En occupation au sens de la ventilation ($ivent(h) = 1$) :

Le débit total varie linéairement avec la température intérieure au pas de temps précédent entre le débit de zone neutre en occupation (indice ZN_occ) et le débit en mode actif (indice CH). Dans le cas d'un rafraîchissement adiabatique direct, le débit d'air neuf varie linéairement entre le débit de zone neutre en occupation et le débit nominal tout air en fonction de l'intérêt thermique. Pour un rafraîchissement adiabatique indirect, le taux d'air neuf est de 100%.

2. En inoccupation au sens de la ventilation ($ivent(h) = 0$) :

Le débit volumique est pris égal au débit de zone neutre en inoccupation et le taux d'air neuf est de 100%.

Note :

Si la centrale est reliée à des bouches situées dans différents groupes, lorsqu'un de ces groupes est dans des conditions thermiques telles que l'activation du rafraîchissement adiabatique est autorisée, la centrale fonctionne comme ci-dessus et tous les groupes qui lui sont reliés sont irrigués.

6.3.3.1.5 Déroulement sur un pas de temps

Sur un pas de temps horaire h donné, le calcul se déroule en deux phases :

- La première phase de modélisation est commune à tous les systèmes centralisés. Elle consiste à fournir les données d'entrée pour l'algorithme de modélisation du comportement thermique du groupe, à savoir débits massiques, températures et humidités de l'air soufflés dans le groupe. Cette première phase intervient avant le calcul des besoins d'énergie de chauffage et de refroidissement du groupe. On ne dispose donc ni de la température ni de l'humidité moyennes du pas de temps actuel h , ce qui nécessite de faire appel aux températures et à l'humidité finales du pas de temps précédent $h-1$ pour mener le calcul.
- La seconde phase de modélisation ne concerne que les CTA à charge variable. Elle permet de caractériser le fonctionnement effectif du système au pas de temps h lorsque les batteries de chauffage ou refroidissement sont activées. On recalcule les débits, températures, humidités de l'air, consommations électriques des différentes fonctions et besoins de chauffage et de refroidissement en prenant en compte la charge thermique du groupe.

La figure suivante présente l'organisation du calcul.

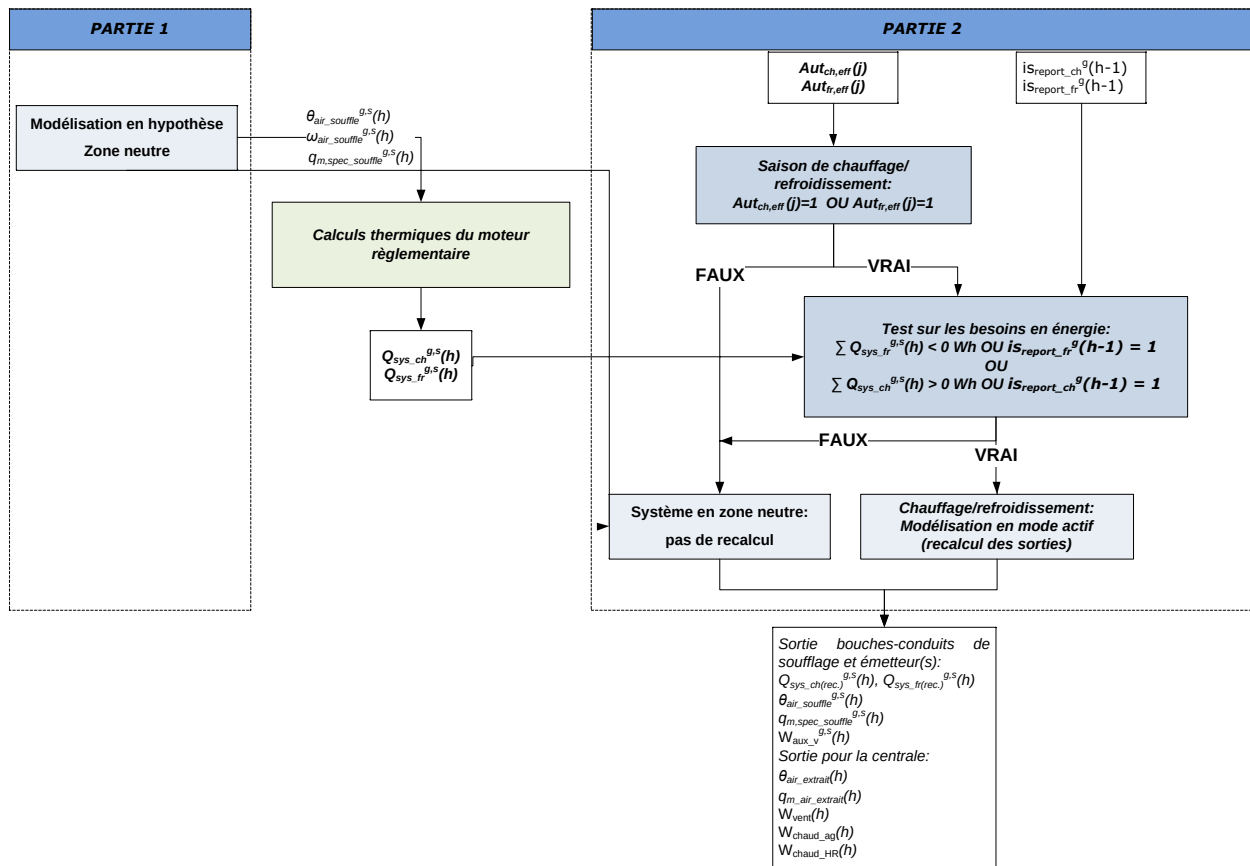


Figure 72: organisation générale du calcul

Les modèles algorithmiques pour les modes zone neutre et actif seront décrits par la suite.

6.3.3.2 Conditions sur les paramètres

6.3.3.2.1 Raccordement au puits climatique ou hydraulique

Une centrale de ventilation ne peut pas être reliée simultanément à un puits climatique et un puits hydraulique :

Si $Id\_puits\_climatique > 0$ et $Id\_puits\_hydraulique > 0$, alors, on lève l'exception suivante :

« *Exception : la centrale de ventilation ne peut pas être reliée simultanément à un puits climatique et un puits hydraulique.* » (386)

6.3.3.2.2 Gestion du préchauffage et prérefroidissement

Les paramètres de régulation définis par l'utilisateur concernant la batterie de préchauffage et la batterie de prérefroidissement ne doivent pas permettre un fonctionnement simultané des deux. Ainsi

Si $\theta_{ex,préchaud} \geq \theta_{ex,préroid}$, alors, on lève l'exception suivante :

« *Exception : la température extérieure d'autorisation de préchauffage est supérieure à la température extérieure d'autorisation de prérefroidissement.* » (387)

6.3.3.2.3 Prérefroidissement et rafraichissement évaporatif

La présence d'une fonction de rafraichissement évaporatif par humidification directe n'est pas compatible avec la présence d'une batterie de prérefroidissement.

Si $Is\_prérefroidissement = 1$: oui et $Type\_HR\_Ete > 0$ (une valeur strictement positive signifie qu'un rafraichissement évaporatif est présent), alors,

« *Exception : il n'est pas possible de définir une fonction de prérefroidissement et une fonction de rafraichissement évaporatif dans la même centrale de traitement d'air.* » (388)

6.3.3.2.4 Batterie de prérefroidissement et groupes climatisés

Au moins un groupe climatisé doit être relié à un système de ventilation comportant une batterie froide.

Si $Is\_prérefroidissement = 1$: oui et $\max_{gr}(Is_{climatisé}^{gr}) = 0$ alors,

« *Exception : une centrale de traitement d'air ne peut contenir de batterie de prérefroidissement que si elle est reliée à au moins un groupe climatisé.* » (389)

6.3.3.3 Calcul préalable à la simulation (preprocesseur)

6.3.3.3.1 Puissance absorbée par les ventilateurs en usage d'habitation

En usage d'habitation (maison individuelle et logement collectif), on calcule une puissance absorbée par les ventilateurs moyenne dans le temps, en fonction des débits de base et de pointe. La durée d'utilisation du débit de pointe prise en compte est le maximum des durées d'utilisation paramétrées dans les bouches-conduits g,s connectés :

$$Dugd = MAX_{g,s}(Dugd) \quad (390)$$

On en déduit la consommation électrique moyenne des ventilateurs dans le temps en occupation et inoccupation :

$$P_{vent,occ,sou} = \frac{(168 - Dugd).P_{vent,base,sou} + Dugd.P_{vent,pointe,sou}}{168} \quad (391)$$

$$P_{vent,inocc,sou} = P_{vent,occ,sou} \quad (392)$$

$$P_{vent,occ,rep} = \frac{(168 - Dugd).P_{vent,base,rep} + Dugd.P_{vent,pointe,rep}}{168} \quad (393)$$

$$P_{vent,inocc,rep} = P_{vent,occ,rep} \quad (394)$$

6.3.3.3.2 Coefficients de transfert thermique externe des conduits reliant les locaux à la centrale

Pour chaque composant bouches-conduits de reprise g,s connecté à la centrale, le coefficient de transfert thermique externe du conduits entre l'air repris et l'ambiance non-chauffée est défini comme suit :

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}^{g,s}}{R_{rep}^{g,s} + 0,02} \quad (395)$$

Où :

- $R_{rep}^{g,s}$ est la résistance thermique externe du conduit entre l'air repris et l'ambiance ($m^2.K/W$),
- $A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ est la surface externe du conduit de reprise sur sa portion non-chauffé.

Le calcul est identique pour les bouches-conduits de soufflage connecté à la centrale, avec comme paramètres respectif R_{sou} et $A_{cond,sou,ext}$.

6.3.3.3.3 Prise en compte du statut de l'efficacité de l'échangeur

L'efficacité du récupérateur (échangeur statique ou à roue) fait l'objet d'un prétraitement selon le statut de la donnée. L'efficacité ϵ_t définie en paramètre doit être mesurée pour des débits correspondant à la zone neutre en occupation.

- **Statut certifié ($id_{statut\_echangeur} = 2$):** la valeur issue d'une certification basée sur la norme EN 13141-7 si le produit est certifié par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,

$$\epsilon = \epsilon_{saisi} \quad (396)$$

- **Statut justifié ($id_{statut\_echangeur} = 1$):** $\epsilon_{modeCH\_saisi} / \epsilon_{modeFR\_saisi}$ est la valeur justifiée par un essai

effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme EN 13141-7,

$$\varepsilon_t = 0,9 \times \varepsilon_{saisi} \quad (397)$$

- **Statut déclaré** ($id_{statut\_echangeur\_ch} = 0 / id_{statut\_echangeur\_fr} = 0$): la valeur est simplement déclarée par le fabricant :

$$\varepsilon_t = MIN(0,8 \times \varepsilon_{saisi} ; \varepsilon_{utile\_max}) \quad (398)$$

6.3.3.4 Pretraitement relatif au puits hydraulique

En préalable à la simulation, **si Type_eff_echangeur_PH = 1**, on calcule l'efficacité de la batterie eau/air du puits hydraulique à partir des puissances thermiques déclarées.

Pour le fonctionnement du puits hydraulique en préchauffage de l'air neuf :

Le débit d'air neuf de référence est le débit d'air neuf nominal en occupation en intégrant les fuites des conduits :

Si Type_ventilation_mecanik=1

$$q_{m-AN-hiv} = \sum_g q_{souf\_cond}^{g,S} \cdot \rho_{ref} \quad (399)$$

Sinon

$$q_{m-AN-hiv} = \sum_g q_{souf_{CH,cond}}^{g,S} \cdot \rho_{ref} \quad (400)$$

Dans tous les cas

$$\theta_{air-out-batt\_ch} = -10^\circ C + \frac{1000 \cdot P_{ch}}{Cp_{air} \cdot q_{m-AN-hiv}} \quad (401)$$

$$\varepsilon_{batt\_PH\_ch} = \frac{\theta_{air-out-batt\_ch} - (-10^\circ C)}{10^\circ C - (-10^\circ C)} \quad (402)$$

Pour le fonctionnement du puits hydraulique en prérefroidissement de l'air neuf :

Si la centrale dispose d'une fonction de surventilation d'été synchronisée avec le fonctionnement du puits hydraulique (Type_Surventilation_PH = 1), alors le débit d'air neuf de référence est le débit de surventilation :

$$q_{m-AN-ete} = q_{m\_sou\_rafnoc\_cond} \quad (403)$$

Sinon, (Type_Surventilation_PH = 0), il s'agit du débit d'air neuf en occupation :

Si Type_ventilation_mecanik=1

$$q_{m-AN-ete} = \sum_g q_{souf\_cond}^{g,S} \cdot \rho_{ref} \quad (404)$$

Sinon

$$q_{m-AN-ete} = \sum_g q_{souf_{CH,cond}}^{g,S} \cdot \rho_{ref} \quad (405)$$

On en déduit l'efficacité de la batterie :

$$\theta_{air-out-batt\_fr} = 30^\circ C - \frac{1000 \cdot P_{fr}}{Cp_{air} \cdot q_{m-AN-ete}} \quad (406)$$

$$\varepsilon_{batt\_PH\_fr} = \frac{30^\circ C - \theta_{air-out-batt\_fr}}{30^\circ C - 10^\circ C} \quad (407)$$

Si $\varepsilon_{batt\_PH\_ch}$ ou $\varepsilon_{batt\_PH\_fr}$ sont supérieurs à 1 à l'issue de ce calcul, un message d'erreur est renvoyé à l'utilisateur pour lui signaler que les puissances de batteries eau/air saisies sont supérieures à la puissance maximale physiquement admissible au débit de ventilation renseigné.

Au contraire, **si $Type\_eff\_echangeur\_PH = 0$** , on attribue la valeur par défaut $\varepsilon_{batt\_PH\_default}$ (0,65) à l'efficacité de la batterie air/eau du puits hydraulique, comme suit :

$$\varepsilon_{batt\_PH\_ch} = \varepsilon_{batt\_PH\_fr} = \varepsilon_{batt\_PH\_default} \quad (408)$$

6.3.3.4 Modélisation au pas de temps horaire en zone neutre (chauffage et refroidissement désactivés)

La modélisation du système en zone neutre intervient à tous les pas de temps, en partie 1 du calcul. Il est fait l'hypothèse que les fonctions de chauffage et refroidissement en fonction des besoins sont désactivées. Le prétraitement de l'air est par contre permis.

6.3.3.4.1 Prise en compte des modes de fonctionnement saisonniers

Les centrales de ventilation possède des modes de fonctionnement dépendant de la saison. Ainsi, outre leurs modes de gestion respectifs, les batteries de préchauffage, prérefroidissement, d'humidification et d'antigel sont asservies aux saisons de fonctionnement de la centrale, elle-même héritées des saisons au niveau des groupes desservis.

L'indicateur de saison de chauffage de la centrale est toujours l'indicateur de saison effectif déterminé dans *C_Ein_Détermination des saisons des systèmes* :

$$Aut_{ch}(j) = Aut_{ch,eff}(j) \quad (409)$$

Pour le refroidissement, on distingue deux cas :

- Pour une centrale associée à au moins un groupe climatisé, la saison de refroidissement est délimitée par l'indicateur $Aut_{fr,eff}(j)$:

$$Aut_{fr}(j) = Aut_{fr,eff}(j) \quad (410)$$

- Pour centrale non-associée à au moins un groupe climatisé, l'indicateur $Aut_{fr,eff}(j)$ est toujours nul. On délimite cependant une saison de refroidissement équivalente pour la prise en compte des fonctions de rafraichissement passif, selon la relation suivante :

$$Aut_{fr}(j) = \max_{g,s} (Aut_{fr-pro}^{g,s}(j)) \quad (411)$$

6.3.3.4.2 Activation de la fonction de rafraichissement adiabatique

L'autorisation d'utiliser la fonction de rafraichissement adiabatique, Aut_{adiab} , dépend de l'inactivation de la surventilation mécanique, de la saison en cours (période de chauffage ou non) et de la valeur de température intérieure au pas de temps précédent. En présence de plusieurs groupes reliés à une même centrale, l'activation est effective si la température moyenne des groupes reliés à la centrale présente les conditions nécessaires.

Si $[\theta_{i,moy}^g > \theta_{i\_base} \text{ et } Aut_{fr}(j) = 1 \text{ et } i_{rafinocc\_actifé}(h) = 0]$

$$Aut_{adiab}=1$$

Sinon,

$$Aut_{adiab}=0$$

Une valeur minimale de θ_{i_base} est fixée conventionnellement à 22°C.

6.3.3.4.3 Calcul des débits massiques d'air

6.3.3.4.3.1 Masse volumique d'air repris et température d'air neuf

La masse volumique de l'air intérieur est la suivante :

$$\rho_{i,fin}^g(h-1) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{i,fin}^g(h-1))} \quad (412)$$

La température d'air neuf dépend de la présence d'un système de puits hydraulique ou climatique en amont de la centrale :

- Si $I_{climatique}=0$ et $I_{hydraulique}=0$, absence de puits climatique ou hydraulique :

$$\theta_{an}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (413)$$

- Si $I_{climatique}>0$ vrai, présence d'un puits climatique :

Dans ce cas, la température d'air neuf est égale à la température de sortie du puits climatique, avec les débits d'air neuf calculés à la fin du pas de temps précédent:

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{airout}^{pc}(h) \quad (414)$$

- Si $I_{hydraulique}>0$ vrai, présence d'un puits hydraulique :

A l'issue du calcul de la température de sortie d'eau du puits hydraulique avec les débits d'air neuf calculés à la fin du pas de temps précédent (voir C_Ven_Puits hydraulique), on calcule la température d'air neuf corrigée suite au passage de l'air dans la batterie eau-air.

Si $Q_{PH}(h)>0$, alors le puits hydraulique est en fonctionnement et l'air entrant passe par la batterie eau-air. La température d'air en sortie du puits hydraulique est la suivante :

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{ext}(h) + \varepsilon_{batt-PH}(h-1) \cdot (\theta_{eau-out}^{PH}(h) - \theta_{ext}(h)) \quad (415)$$

Avec,

$$\text{En saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) = 1): \varepsilon_{batt-PH}(h-1) = \varepsilon_{batt-PH-ch} \quad (416)$$

$$\text{Hors saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) < 1): \varepsilon_{batt-PH}(h-1) = \varepsilon_{batt-PH-fr}$$

Sinon

$$\theta_{an}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (417)$$

La masse volumique de l'air neuf s'écrit :

$$\rho_{an}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{an}(h))} \quad (418)$$

6.3.3.4.3.2 Débits massiques soufflés

En mode rafraîchissement par surventilation mécanique ($i_{rafino_{cc\_activé}}(h) = 1$):

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{sou\_raf,noc\_cond}^{g,s} \quad (419)$$

Sinon, selon le type de centrale de ventilation et le mode de régulation des débits, les débits volumiques utilisés diffèrent :

Cas des systèmes double flux (Type ventilation mecaniq=1)

Le recyclage étant absent quelle que soit la période, le débit volumique est le débit soufflé calculé dans le chapitre bouche_conduit et fonction de l'occupation :

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{sou\_cond}^{g,s}(h) \quad (420)$$

Cas des centrales à débit constant (Type ventilation mecaniq=2) :

Dans ce cas de figure, le débit volumique est le débit nominal pour toute la période d'occupation et de relance et en cas de besoins énergétique constaté dans au moins un des groupes connectés.

1. En occupation au sens de la ventilation ($i_{vent}(h) = 1$) ou si $i_{relance}(h)^{CTA} = 1$ ou si ($i_{vent}(h-1) = 0$ & $Is\_besoin\_ch(h-1))=1$ ou si ($i_{vent}(h-1) = 0$ & $Is\_besoin\_fr(h-1))=1$

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souCH\_cond}^{g,s}(h) \quad (421)$$

2. sinon :

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (422)$$

Cas des centrales à débit constant régulées selon la charge (Type ventilation mecaniq=3) :

Dans ce cas de figure, en mode zone neutre, le débit volumique est le débit nominal pour toute la période d'occupation et de relance.

1. En occupation au sens de la ventilation ($i_{vent}(h) = 1$) ou si $i_{relance}(h)^{CTA} = 1$ ou si ($i_{vent}(h-1) = 0$ & $Is\_besoin\_ch(h-1))=1$ ou si ($i_{vent}(h-1) = 0$ & $Is\_besoin\_fr(h-1))=1$

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souCH\_cond}^{g,s}(h) \quad (423)$$

2. sinon :

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (424)$$

Cas des centrales à débit variable (Type ventilation mecaniq=4) :

- Absence d'un système de rafraîchissement adiabatique (Type_Humidification_Ete=0)

En mode zone neutre, le débit volumique est systématiquement le débit d'indice « ZN » correspondant au minimum hygiénique tout air neuf.

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (425)$$

- Présence d'un système de rafraîchissement adiabatique (Type_Humidification_Ete =1 ou 2)

Dès lors que $Aut\_adiab = 0$, le calcul des débits massiques repris est la même que lorsque Type_Humidification_Ete = 0.

En revanche, si $Aut\_adiab = 1$, on utilise les algorithmes suivants pour modéliser le fonctionnement du système en mode rafraîchissement adiabatique :

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$) ou si $i_{relance}(h)^{CTA} = 1$ ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $is_{besoin\_fr}(h-1)=1$

Selon la température intérieure au pas de temps précédent, le débit de soufflage évolue entre Qv_sou_ZN,occ et Qv_sou_CH . Le profil choisi pour cette évolution du débit de soufflage en fonction de $\theta_{i,moy}^g(h-1)$ est un profil à hystérésis basé sur 3 paramètres θ_{i_base} , $\Delta\theta_{i1}$ et $\Delta\theta_{i2}$.

Les températures de consignes permettant la gestion/régulation du débit de soufflage sont définies ainsi :

$$\theta_{hum\_1} = \theta_{i\_base} + \Delta\theta_{i1}$$

$$\theta_{hum\_2} = \theta_{i\_base} + \Delta\theta_{i1} + \Delta\theta_{i2},$$

$$\theta_{hum\_3} = \theta_{i\_base} + \Delta\theta_{i2}$$

$$\theta_{hum\_4} = \theta_{i\_base}$$

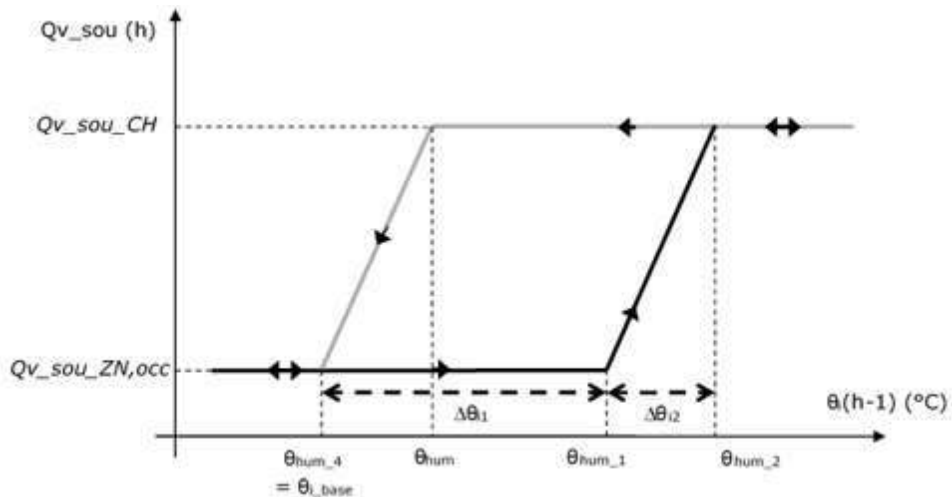


Figure 73 : Diagramme à hystérésis décrivant l'évolution du débit de soufflage en fonction de la température intérieure au pas de temps précédent

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le débit de soufflage est le suivant :

$$Si \theta_{i,fin}^s \leq \theta_{hum\_4}, \quad (427)$$

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souZN\_cond}^{g,s}(h)$$

Sinon, si $\theta_{i,fin}^s \geq \theta_{hum\_2}$,

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souCH\_cond}^{g,s}(h)$$

Sinon,

Si $\theta_{i,fin}^s \leq \theta_{i,fin}^s$ (augmentation de température d'air)

Si $\theta_{i,fin}^s \leq \theta_{hum\_1}$,

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = q_{m,sou,cond}^{g,s}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{hum\_1} < \theta_{i,fin}^s < \theta_{hum\_2}$)

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = MAX \left(q_{m,sou,cond}^{g,s}(h-1); \frac{\rho_{air,souffle}^{g,s}(h-1)}{3600} \cdot \left[q_{souZN,cond}^{g,s}(h) + (q_{souCH,cond}^{g,s}(h) - q_{souZN,cond}^{g,s}(h)) \cdot \frac{\theta_{i,fin}^s - \theta_{hum,1}}{\theta_{hum,2} - \theta_{hum,1}} \right] \right)$$

Sinon, (diminution de température opérative)

Si $\theta_{i,fin}^s \geq \theta_{hum\_3}$,

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = q_{m,sou,cond}^{g,s}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{hum\_4} < \theta_{i,fin}^s < \theta_{hum\_3}$)

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = MIN \left(q_{m,sou,cond}^{g,s}(h-1); \frac{\rho_{air,souffle}^{g,s}(h-1)}{3600} \cdot \left[q_{souZN,cond}^{g,s}(h) + (q_{souCH,cond}^{g,s}(h) - q_{souZN,cond}^{g,s}(h)) \cdot \frac{\theta_{i,fin}^s - \theta_{hum,4}}{\theta_{hum,3} - \theta_{hum,4}} \right] \right)$$

2. Sinon :

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (428)$$

Dans tous les cas, le débit massique ramené aux bouches est le suivant :

$$q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) = MAX \left(0; q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) - \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{sou,fuites,hvc}^{g,s} \right) \quad (429)$$

Soit ramenés au niveau de la centrale :

$$q_{m,sou,cond}(h) = \sum_{g,s \in s} q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) \quad (430)$$

$$q_{m,sou,spec}(h) = \sum_{g,s \in S} q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \quad (431)$$

6.3.3.4.3 Débits massiques d'air neuf

En mode rafraîchissement par surventilation mécanique ($i_{rafnoc\_activé}(h) = 1$) ou dans le cas des systèmes double flux (type ventilation mécanique =1)

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,sou,cond}(h) \quad (432)$$

Sinon, l'algorithme est le suivant.

- Absence d'un système de rafraîchissement adiabatique indirect (Type_Humidification_Ete=0 ou 1)

Le débit massique d'air neuf minimal (hygiénique) au pas de temps h est le suivant :

$$\text{Si } q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1) \cdot q_{souZN\_cond}^{g,s}(h) \text{ (pas de recyclage)}$$

$$q_{m,air\_neuf\_min}^{g,s}(h) = q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) \quad (433)$$

Sinon (recyclage)

$$q_{m,air\_neuf\_min}^{g,s}(h) = \text{taux}_{AN\_min}^{g,s}(h) \cdot q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)$$

De cette manière, les fuites totales des réseaux sont affectées au débit d'air neuf en l'absence de recyclage, sinon les fuites sont affectées au prorata du débit taux d'air neuf

Ramené au niveau de la centrale :

$$q_{m,air\_neuf\_min}(h) = \sum q_{m,air\_neuf\_min}^{g,s}(h) \quad (434)$$

Le modèle ne prend en compte que les variations de débit d'air neuf à des fins de « *free cooling* ». Le débit d'air neuf utilisé par le système de ventilation dépend donc de la température de l'air neuf et potentiellement de la température intérieure.

Si $\theta_{an}(h) \leq T_{ENC}$, alors,

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,air\_neuf\_min}(h) \quad (435)$$

Sinon,

Si $T_{ENC} < \theta_{an}(h) < T_{ENF}$,

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,air\_neuf\_min}(h) + (q_{m,sou,cond}(h) - q_{m,air\_neuf\_min}(h)) \times \frac{\theta_{an}(h) - T_{ENC}}{T_{ENF} - T_{ENC}} \quad (436)$$

Sinon,

- **Cas Type_{régul_AN} = « 0 » Régulation standard » (par défaut) :**

dans ce cas, le taux d'air neuf est toujours minimal en mode refroidissement, il est calculé de la façon suivante :

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,air\_neuf\_min}(h) \quad (437)$$

- **Cas Type_{régul_AN} = « 1 » Régulation optimisée »**

Dans ce cas, le débit d'air neuf est régulé sur la température extérieure et sur la température de reprise : on maintient un débit d'air neuf supérieur au débit minimal en mode refroidissement si la température extérieure est inférieure à la moyenne barycentrique des températures des débits repris $\theta_{i,moy}^g(h)$

Si $\theta_{an}(h) < \theta_{i,moy}^g(h)$, alors :

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,sou,cond}(h) \quad (438)$$

Sinon,

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,air\_neuf\_min}(h) \quad (439)$$

- Présence d'un système de rafraîchissement adiabatique indirect (Type_Humidification_Ete=2)

Dès lors que $Aut\_adiab = 0$, le même algorithme que précédemment est utilisé

En revanche, si $Aut\_adiab = 1$, il n'y a pas de recyclage possible, et

$$q_{m,air\_neuf}(h) = q_{m,sou,cond}(h) \quad (440)$$

Au final, le taux d'air neuf s'exprime de la manière suivante :

$$Taux_{AN}(h) = \frac{q_{m,air\_neuf}(h)}{q_{m,sou,cond}(h)} \quad (441)$$

6.3.3.4.3.4 Débits massiques d'air repris

En mode rafraîchissement par surventilation mécanique ($i_{rafinocc\_actif}(h) = 1$):

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{rep\_rafnoc\_cond}^{g,s} \quad (442)$$

Sinon, selon le type de centrale de ventilation et le mode de régulation des débits, les débits volumiques utilisés diffèrent :

Cas des systèmes double flux (Type_ventilation_mecanq=1) :

Le recyclage étant absent quelle que soit la période, le débit volumique est le débit repris calculé dans le chapitre bouche_conduit et fonction de l'occupation :

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{rep,cond}^{g,s}(h) \quad (443)$$

Cas des centrales à débit constant (Type_ventilation_mecanq=2) :

Dans ce cas de figure, en mode zone neutre, le débit volumique est le débit nominal pour toute la période d'occupation et de relance et en cas de besoins énergétique constaté dans au moins un des groupes connectés.

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$) ou si $i_{relance}(h)^{CTA} = 1$ ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $Is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $Is_{besoin\_fr}(h-1)=1$

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{repCH\_cond}^{g,s}(h) \quad (444)$$

2. sinon:

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{repZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (445)$$

Cas des centrales à débit constant régulées selon la charge (Type ventilation mecaniq=3) :

Dans ce cas de figure, en mode zone neutre, le débit volumique est le débit nominal pour toute la période d'occupation et de relance

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$) ou si $i_{relance}(h)^{CTA} = 1$ ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $Is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $Is_{besoin\_fr}(h-1)=1$:

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{repCH\_cond}^{g,s}(h) \quad (446)$$

2. sinon :

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{repZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (447)$$

Cas des centrales à débit variable (Type ventilation mecaniq=4) :

- Absence d'un système de rafraichissement adiabatique (Type_Humidification_Ete =0)

En mode zone neutre, le débit volumique est systématiquement le débit d'indice « ZN » correspondant au minimum hygiénique tout air neuf.

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g (h-1) \cdot q_{repZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (448)$$

- Présence d'un système de rafraichissement adiabatique (Type_Humidification_Ete =1 ou 2)

Dès lors que $Aut\_adiab = 0$, le calcul des débits massiques repris est la même que lorsque $Type\_Humidification\_Ete = 0$.

En revanche, si $Aut\_adiab = 1$, on utilise les algorithmes suivants pour modéliser le fonctionnement du système en mode rafraichissement adiabatique :

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$) ou si $i_{relance}(h)^{CTA} = 1$ ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $Is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $Is_{besoin\_fr}(h-1)=1$:

Selon la température intérieure au pas de temps précédent, le débit repris évolue entre Qv_rep_ZN,occ et Qv_rep_CH . Le profil choisi pour cette évolution du débit repris est identique au profil à hystérésis détaillé au 6.3.3.4.3.2.

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le débit repris est le suivant :

$$Si \theta_{i,fin}^s \leq \theta_{hum\_4}, \quad (449)$$

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g(h-1) \cdot q_{repZN\_cond}^{g,s}(h)$$

Sinon, si $\theta_{i,fin}^s \geq \theta_{hum\_2}$,

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g(h-1) \cdot q_{repCH\_cond}^{g,s}(h)$$

Sinon,

Si $\theta_{i,fin}^s \leq \theta_{i,fin}^s$ (augmentation de température d'air)

Si $\theta_{i,fin}^s \leq \theta_{hum\_1}$,

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = q_{m,rep,cond}^{g,s}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{hum\_1} < \theta_{i,fin}^s < \theta_{hum\_2}$)

$$q_{m,repcond}^{g,s}(h) = MAX \left(q_{m,repcond}^{g,s}(h-1); \frac{\rho_{i,fin}^g(h-1)}{3600} \cdot \left[q_{repZN,cond}^{g,s}(h) + (q_{repCH,cond}^{g,s}(h) - q_{repZN,cond}^{g,s}(h)) \cdot \frac{\theta_{i,fin}^s - \theta_{hum,1}}{\theta_{hum,2} - \theta_{hum,1}} \right] \right)$$

Sinon, (diminution de température opérative)

Si $\theta_{i,fin}^s \geq \theta_{hum\_3}$,

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = q_{m,rep,cond}^{g,s}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{hum\_4} < \theta_{i,fin}^s < \theta_{hum\_3}$)

$$q_{m,repcond}^{g,s}(h) = MIN \left(q_{m,repcond}^{g,s}(h-1); \frac{\rho_{i,fin}^g(h-1)}{3600} \cdot \left[q_{repZN,cond}^{g,s}(h) + (q_{repCH,cond}^{g,s}(h) - q_{repZN,cond}^{g,s}(h)) \cdot \frac{\theta_{i,fin}^s - \theta_{hum,4}}{\theta_{hum,3} - \theta_{hum,4}} \right] \right)$$

2. Sinon :

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g(h-1) \cdot q_{repZN\_cond}^{g,s}(h) \quad (450)$$

Dans tous les cas, le débit massique ramené aux bouches est le suivant :

$$q_{m,rep,spec}^{g,s}(h) = MIN \left(0; q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) - \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g(h-1) \cdot q_{rep,fuites,hvc}^{g,s} \right) \quad (451)$$

Soit ramenés au niveau de la centrale

$$q_{m,rep,cond}(h) = \sum_{g,s \in S} q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) \quad (452)$$

$$q_{m,rep,spec}(h) = \sum_{g,s \in S} q_{m,rep,spec}^{g,s}(h) \quad (453)$$

6.3.3.4.3.5 Débit massique d'air rejeté

On rééquilibre les débits massiques pour les pas de temps où la fonction de recyclage d'air est utilisée :

Si $Taux_{AN}(h) < 1$, alors,

$$q_{m,rep,cond}(h) = MIN(q_{m,rep,cond}(h); q_{m,air\_neuf}(h) - q_{m,sou,cond}(h)) \quad (454)$$

$$q_{m,air\_extrait}(h) = q_{m,rep,cond}(h) - (q_{m,air\_neuf}(h) - q_{m,sou,cond}(h)) \quad (455)$$

Sinon,

$$q_{m,air\_extrait}(h) = q_{m,rep,cond}(h) \quad (456)$$

6.3.3.4.4 Calcul des puissances de ventilateurs

En mode rafraîchissement par surventilation mécanique ($i_{rafinocc\_activé}(h) = 1$):

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_raf,noc} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_rep\_raf,noc} \end{aligned} \quad (457)$$

Sinon, les puissances de ventilateurs prennent les valeurs suivantes :

Cas des systèmes double flux (Type ventilation mecaniq=1) :

En occupation au sens de la ventilation ($i_{svent}(h) = 1$) :

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_occ} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_occ} \end{aligned} \quad (458)$$

Sinon

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_inocc} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_inocc} \end{aligned} \quad (459)$$

Cas des centrales à débit constant (Type ventilation mecaniq=2):

1. En occupation au sens de la ventilation ($i_{svent}(h) = 1$) ou en période de relance ($i_{srelance}(h) = 1$) ou si ($i_{svent}(h-1) = 0$ & $Is\_besoin\_ch(h-1))=1$ ou si ($i_{svent}(h-1) = 0$) & $Is\_besoin\_fr(h-1))=1$:

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_CH} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_CH} \end{aligned} \quad (460)$$

2. sinon :

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_ZN\_inocc} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_ZN\_inocc} \end{aligned} \quad (461)$$

Cas des centrales à débit constant régulées selon la charge (Type ventilation mecaniq=3):

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$) ou en période de relance ($is_{relance}(h) = 1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $Is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $Is_{besoin\_fr}(h-1)=1$

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_CH} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_CH} \end{aligned} \quad (462)$$

2. sinon :

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_ZN\_inocc} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_ZN\_inocc} \end{aligned} \quad (463)$$

Cas des centrales à débit variable (Type_ventilation_mecanik=4):

- Absence d'un système de rafraîchissement adiabatique (Type_Humidification_Ete=0)

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$), en période de relance ($is_{relance}(h) = 1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $Is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $Is_{besoin\_fr}(h-1)=1$:

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_ZN\_occ} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_ZN\_occ} \end{aligned} \quad (464)$$

2. Sinon :

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_ZN\_inocc} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_ZN\_inocc} \end{aligned} \quad (465)$$

- Présence d'un système de rafraîchissement adiabatique (Type_Humidification_Ete=1 ou 2)

En mode zone neutre, dès lors que $Aut\_adiab = 0$, le calcul des puissances et consommations des ventilateurs est la même que lorsque Type_Humidification_Ete=0.

En revanche, si $Aut\_adiab = 1$, on applique les algorithmes ci-dessous,

1. En occupation au sens de la ventilation ($is_{vent}(h) = 1$), en période de relance ($is_{relance}(h) = 1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$ & $Is_{besoin\_ch}(h-1)=1$) ou si ($is_{vent}(h-1) = 0$) & $Is_{besoin\_fr}(h-1)=1$

$$\begin{aligned} P_{vent,rep}(h) &= P_{vent,rep,ZN,occ} + (P_{vent,rep,CH} - P_{vent,rep,ZN,occ}) \\ &\quad \times [0,6315.R_{rep}(h)^3 + 0,1966.R_{rep}(h)^2 + 0,1719.R_{rep}(h)] \\ P_{vent,sou}(h) &= P_{vent,sou,ZN,occ} + (P_{vent,sou,CH} - P_{vent,sou,ZN,occ}) \\ &\quad \times [0,6315.R_{sou}(h)^3 + 0,1966.R_{sou}(h)^2 + 0,1719.R_{sou}(h)] \end{aligned} \quad (466)$$

Avec R_{rep} et R_{sou} les rapports des écarts aux débits de zone neutre calculés comme suit :

$$R_{rep}(h) = \frac{3600. \sum_{g,s} \frac{q_{m,rep,cond}^{g,s}(h)}{\rho_{i,fin}^{g,s}(h-1)} - \sum_{g,s} q_{repZN,cond}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{repCH,cond}^{g,s}(h) - \sum_{g,s} q_{repZN,cond}^{g,s}(h)} \quad (467)$$

$$R_{souf}(h) = \frac{3600 \cdot \sum_{g,s} \frac{q_{m,souf,cond}^{g,s}(h)}{\rho_{air\_souffle}^{g,s}(h-1)} - \sum_{g,s} q_{soufZN,cond}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{soufCH,cond}^{g,s}(h) - \sum_{g,s} q_{soufZN,cond}^{g,s}(h)}$$

2. Sinon :

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep}(h) &= P_{vent\_rep\_ZN\_inocc} \\ P_{vent\_sou}(h) &= P_{vent\_sou\_ZN\_inocc} \end{aligned} \quad (468)$$

6.3.3.4.5 Calcul des températures et humidité sur le circuit de reprise

6.3.3.4.5.1 Température et humidité à l'entrée de la centrale

On définit dans ce paragraphe la température de l'air à l'entrée de la centrale à partir des températures d'air repris au niveau de chaque bouches-conduits.

Pour cela, on commence par appliquer les pertes thermiques des conduits reliant les locaux à cette dernière :

$$\theta_{extr1}^{g,s}(h) = \theta_{i,cond}^{g,s}(h) - (\theta_{i,cond}^{g,s}(h) - \theta_{lnc}^{g,s}(h)) \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \cdot |q_{m,rep,cond}^{g,s}(h)|}\right) \right) \quad (469)$$

Avec :

- $\theta_{i,cond}^{g,s}(h)$ la température d'air repris moyenne entre l'air intérieur et l'air infiltré dans le conduit (en °C):

$$\begin{aligned} &\theta_{i,cond}^{g,s}(h) \\ &= \frac{q_{m,rep,spec}^{g,s}(h) \cdot \theta_{i,fin}^{g,s}(h-1) + (q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) - q_{m,spec,rep}^{g,s}(h)) \cdot \theta_{lnc}^{g,s}(h)}{q_{m,rep,cond}^{g,s}(h)} \end{aligned} \quad (470)$$

- $\theta_{lnc}^{g,s}(h)$ la température du local non-chauffé où est situé la centrale (en °C) :

$$\theta_{lnc}^{g,s}(h) = (1 - b^{et}) \cdot \theta_{i,fin}^{g,s}(h-1) + b^{et} \cdot \theta_{ext}(h) \quad (471)$$

- $H_{cons,rep,ext}$ le coefficient de transfert thermique externe du conduit de reprise défini dans g,s (en W/k).

Une fois le calcul effectué pour chaque composants bouches-conduits, on calcule la température d'air et l'humidité spécifique de l'air repris entrant dans la centrale. Pour cela, chaque température et humidité d'air extrait est pondérée par le débit massique correspondant :

$$\theta_{ext1}(h) = \frac{\sum_{g,s \in CTA} (q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) \cdot \theta_{extr1}^{g,s}(h))}{q_{m,rep,cond}(h)} \quad (472)$$

$$\omega_{extr1}(h) = \frac{\sum_{g,s \in CTA} (q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) \cdot \omega_{i,fin}^{g,s}(h-1))}{q_{m,rep,rep}(h)} \quad (473)$$

6.3.3.4.5.2 Prise en compte du ventilateur d'extraction

Le ventilateur d'extraction est supposé placé à l'entrée de la centrale, avant l'échangeur et l'éventuel système d'humidification. Il contribue à élever la température de l'air repris selon la relation suivante :

$$\theta_{extr2}(h) = \theta_{extr1}(h) + \frac{\eta_{el,vent} \cdot P_{vent,rep}(h)}{C_{pa} \cdot |q_{m,rep,cond}(h)|} \quad (474)$$

L'humidité spécifique n'est pas affectée par le ventilateur de reprise :

$$\omega_{extr2}(h) = \omega_{extr1}(h) \quad (475)$$

6.3.3.4.5.3 Rafraichissement évaporatif par humidification indirecte (Type_Humidification_Ete = 2)

Le rafraichissement par humidification indirecte consiste à augmenter l'humidité spécifique de l'air extrait de façon quasi-adiabatique, de manière à abaisser sa température.

Le rafraichissement évaporatif indirect n'est actif que

Si Aut_adiab=1 et Type_Humidification_Ete =2

Pour modéliser l'humidificateur, on introduit une procédure itérative désignée FADIAB(Θ, ω) permettant de déterminer l'augmentation d'humidité spécifique maximale théorique qu'il est possible d'atteindre au cours d'une transformation adiabatique à partir du point à température Θ , en °C, et humidité spécifique ω , en kg/kg d'air sec. Il s'agit de déterminer la différence entre l'humidité spécifique de l'air entrant et l'humidité spécifique à la température de bulbe humide.

La procédure FADIAB(Θ, ω) est décrite ci-dessous :

$$\Delta\omega = \text{MAX}(0; 0.2545 \times \theta - 0.3636 \times 1000 \times \omega)$$

$$\Omega = (\theta + C - 2.5\Delta\omega) \times (A - \log(\omega + \Delta\omega)) - B$$

Tant que $\Omega > 0$, alors

$$\Delta\omega = \Delta\omega + 0.1 \text{ (g/kg as)}$$

$$\Omega_{prev} = \Omega \quad (476)$$

$$\Omega = (\theta + C - 2.5\Delta\omega) \times (A - \log(\omega + \Delta\omega)) - B$$

Fin de boucle

$$FADIAB(\theta, \omega) = \Delta\omega - 0.1 \frac{\Omega}{\Omega - \Omega_{prev}}$$

Où A, B et C sont des constantes empiriques sans unités permettant de lier l'humidité à saturation à la température d'air

$$A = 18.8161$$

$$B = 4110.34 \quad (477)$$

$$C = 235.0$$

Connaissant le rendement nominal $\eta_{hum,indir}$ de l'humidificateur, on calcule l'humidité spécifique et la température d'air en sortie de l'humidificateur de rafraichissement évaporatif :

$$\omega_{extr,hum}(h) = \omega_{extr2}(h) + \eta_{hum,indir} \cdot FADIAB(\theta_{extr2}(h); \omega_{extr2}(h)) \quad (478)$$

On calcule l'humidité maximale admissible par l'humidification.

$$\omega_{extr,hum,lim}(h) = \eta_{hum,indir} \cdot \omega_{sat}(h)$$

avec

$$\omega_{sat}(h) = 10^{-3} \times \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta_{extr2}(h) + 235.0}\right)$$

Si $\omega_{extr,hum,lim}(h) < \omega_{extr,hum}(h)$

$$\omega_{extr,hum}(h) = \omega_{extr,hum,lim}(h) \quad (483)$$

Sinon, si $\omega_{extr,hum,lim}(h) < \omega_{extr2}(h)$

$$\omega_{extr,hum}(h) = \omega_{extr,hum,lim}(h)$$

Dans tous les cas on a :

$$\omega_{extr3}(h) = \omega_{extr,hum}(h)$$

$$\theta_{extr3}(h) = \theta_{extr2}(h) - \frac{L_v}{C_{pa}} \cdot (\omega_{extr,hum}(h) - \omega_{extr2}(h))$$

Sinon,

en l'absence d'humidification indirecte, les propriétés de l'air extrait ne sont pas modifiées à cette étape :

$$\omega_{extr3}(h) = \omega_{extr2}(h) \quad (484)$$

$$\theta_{extr3}(h) = \theta_{extr2}(h) \quad (485)$$

Le débit d'eau fourni à l'air est calculé par :

$$q_{m,eau\_été}^{pompe}(h) = q_{m,rep,cond}(h) \times MAX(\omega_{extr3}(h) - \omega_{extr,2}(h); 0) \quad (486)$$

6.3.3.4.6 Prise en compte de l'échangeur air extrait/air neuf et sa régulation

6.3.3.4.6.1 Température d'air neuf

Le débit d'air neuf ayant été fixé précédemment, la température d'air neuf en cas de présence d'un système de puits hydraulique ou climatique en amont de la centrale est recalculée avec les nouveaux débits d'air neuf:

- Si $I_{climatique}=0$ et $I_{hydraulique}=0$, absence de puits climatique ou hydraulique :

$$\theta_{an}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (487)$$

- Si $I_{climatique}>0$ vrai, présence d'un puits climatique :

Dans ce cas, la température d'air neuf est égale à la température de sortie du puits climatique :

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{airout}^{pc}(h) \quad (488)$$

- Si $I_{hydraulique} > 0$ vrai, présence d'un puits hydraulique :

A l'issue du calcul de la température de sortie d'eau du puits hydraulique (voir C_Ven_Puits hydraulique), on calcule la température d'air neuf corrigée suite au passage de l'air dans la batterie eau-air.

Si $Q_{PH}(h) > 0$, alors le puits hydraulique est en fonctionnement et l'air entrant passe par la batterie eau-air. La température d'air en sortie du puits hydraulique est la suivante :

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{ext}(h) + \varepsilon_{batt-PH}(h) \cdot (\theta_{eau-out}^{PH}(h) - \theta_{ext}(h)) \quad (489)$$

Avec,

$$\text{En saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) = 1): \varepsilon_{batt-PH}(h) = \varepsilon_{batt-PH-ch} \quad (490)$$

$$\text{Hors saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) < 1): \varepsilon_{batt-PH}(h) = \varepsilon_{batt-PH-fr}$$

Sinon

$$\theta_{an}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (491)$$

En présence d'un puits hydraulique, la puissance de l'échangeur $W_{elec}^{PH,S}$ est transmise.

6.3.3.4.6.2 Gestion du bypass de l'échangeur

Ce paragraphe n'est appelé que si l'échangeur est muni d'une fonction de bypass de l'échangeur statique, ou d'arrêt de l'échangeur à roue, pilotée en fonction des température extérieure et intérieure.

En mode rafraîchissement par surventilation mécanique ($i_{rafinocc\_activé}(h) = 1$):

$$\delta_{bypass}(h) = 1 \quad (492)$$

Par ailleurs, l'échangeur ne doit pas être bypassé lorsque le rafraîchissement adiabatique indirect est utilisé :

Si Type_Humidification_Ete =2 et Aut_adiab=1 alors,

$$\delta_{bypass}(h) = 0 \quad (493)$$

Sinon, l'activation du bypass de l'échangeur est commandée par trois conditions à respecter simultanément :

- la température d'air neuf est inférieure à la température intérieure moyenne, $\theta_{i,fin}^g$, (possibilité de refroidir),
- la température d'air neuf est supérieure à une température de consigne, notée $\theta_{ext,bypass,hiver}$ pour la saison de chauffage et $\theta_{ext,bypass,été}$ hors saison de chauffage,
- la température intérieure est supérieure à une température de consigne, notée $\theta_{int,bypass,hiver}$ pour la saison de chauffage et $\theta_{int,bypass,été}$ hors saison de chauffage,

L'algorithme en lui-même est le suivant (avec en exemple l'indice été):

Si $\theta_{an}(h) < \theta_{i,fin}^{gr}(h-1)$ et $\theta_{an}(h) > \theta_{ext,bypass,été}$ et $\theta_{i,fin}^{gr}(h-1) > \theta_{int,bypass,été}$, alors,

$$\delta_{bypass}(h) = 1 \quad (494)$$

Sinon,

$$\delta_{bypass}(h) = 0 \quad (495)$$

6.3.3.4.6.3 Calcul de l'efficacité et de la consommation électrique de l'échangeur

Si $\delta_{bypass}(h) = 1$, alors, le bypass de l'échangeur est activé, l'échangeur n'est pas pris en compte. De même si type_échangeur=0, aucun échangeur n'est présent. On a dans ces deux cas:

$$\varepsilon(h) = 0 \quad (496)$$

$$W_{ech}(h) = 0 \text{ [Wh]}$$

Sinon,

$$W_{ech}(h) = P_{ech} \quad (497)$$

Cas type échangeur = 1 : prise en compte simplifiée de l'échangeur

L'efficacité appliquée est constante égale au paramètre défini en préprocesseur.

$$\varepsilon(h) = \varepsilon_t \quad (498)$$

Cas type échangeur = 2 : prise en compte détaillée de l'échangeur

$$\begin{aligned} C_{air\_rejeté}(h) &= C_{pa} \times q_{m,air\_extrait}(h) \\ C_{air\_neuf}(h) &= C_{pa} \times q_{m,air\_neuf}(h) \end{aligned} \quad (499)$$

$$C(h) = \frac{\min(C_{air\_neuf}(h); C_{air\_rejeté}(h))}{\max(C_{air\_neuf}(h); C_{air\_rejeté}(h))}$$

$$NUT(h) = \frac{UA}{\min(C_{air\_neuf}(h); C_{air\_rejeté}(h))} \quad (500)$$

- Cas id_{type échangeur-détaillé} = 1 : écoulements à contre-courant

Si $C(h) = 1$, alors :

$$\varepsilon(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (501)$$

Sinon

$$\varepsilon(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h).(1-C(h))}}{1 - C(h).e^{-NUT(h).(1-C(h))}} \quad (502)$$

- Cas id_{type échangeur détaillé} = 2 : écoulements à courants parallèles

$$\varepsilon(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h).(1+C(h))}}{1 + C(h)} \quad (503)$$

- Cas id_{type échangeur détaillé} = 3 : écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés

$$\varepsilon(h) = \frac{1}{\frac{1}{1 - e^{-NUT(h)}} + \frac{C(h)}{1 - e^{-NUT(h).C(h)}} - \frac{1}{NUT(h)}} \quad (504)$$

Au final, l'efficacité ramenée aux écarts de températures est la suivante :

$$\varepsilon(h) = \frac{\min(C_{air\_neuf}(h); C_{air\_rejeté}(h))}{C_{air\_neuf}(h)} \times \varepsilon(h) \quad (505)$$

6.3.3.4.6.4 Prise en compte de la sécurité antigel de l'échangeur ($Is\_antigel = 1$)

Le présent paragraphe n'est pris en compte qu'en présence d'un échangeur de chaleur à efficacité non-nulle. L'algorithme n'est appelé qu'au cours de la saison de chauffage effective ($Aut_{ch,eff}(j)=1$).

Si $Aut_{ch,eff}(j)=1$, $\varepsilon(h)>0$ et $Is\_antigel=1$ (présence de l'antigel), alors

Pour empêcher le givrage de l'échangeur, la fonction antigel fait en sorte que la température de l'air en sortie coté rejet ne doit pas descendre en dessous d'une certaine valeur, θ_{sech_LIM} . Pour éviter cela, l'air neuf est préchauffé par le système dès lors que sa température descend sous un seuil $\theta_{ech,min}(h)$, qui peut être calculé selon la relation suivante :

$$\theta_{ech,min}(h) = \theta_{extr3}(h) + \frac{(\theta_{sech\_repLIM} - \theta_{extr3}(h))}{\varepsilon(h)} \quad (506)$$

Note : si ε est nul, l'algorithme correspondant à la sécurité antigel n'est pas appelé.

Les valeurs par défaut suivantes peuvent être adoptées pour $Tsech_{LIM}$:

Type d'échangeur	Valeur par défaut pour $Tsech_{LIM}$
Echangeurs rotatifs en bâtiment non résidentiel	-5 °C
Echangeurs à plaques en bâtiment non résidentiel	0 °C
Autres cas	5°C

Tableau 62: Valeurs par défaut pour le paramètre $Tsech_{LIM}$

La température d'entrée de l'échangeur du réseau d'amenée d'air de soufflage est alors définie comme suit :

$$\theta_{souf,ag}(h) = \max(\theta_{AN}(h); \theta_{ech,min}(h)) \quad (507)$$

Le besoin d'énergie pour assurer la fonction antigel est le suivant :

$$W_{ag}(h) = C_{pa} \times q_{m,Air\_Neuf}(h) \times \max(0; \theta_{souf,ag}(h) - \theta_{AN}(h)) \quad (508)$$

Si $Is\_antigel=0$ (absence de l'antigel) ou hors période de chauffage effective (**$Aut_{ch,eff}(j)=0$**), on considère alors que lorsqu'un risque de givrage est identifié, l'échangeur est bypassé :

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{AN}(h) < \theta_{ech,min}(h) \text{ alors} \\ \varepsilon(h) &= 0 \end{aligned} \quad (509)$$

la température de soufflage est la température d'air neuf :

$$\theta_{souf,ag}(h) = \theta_{AN}(h) \quad (510)$$

Par ailleurs,

$$W_{ag}(h) = 0 \text{ (W)} \quad (511)$$

6.3.3.4.6.5 Calcul des températures et humidité d'air soufflé et rejeté en sortie de l'échangeur

Les températures d'air soufflé $\theta_{souf1}(h)$ et rejeté $\theta_{air,rejeté}(h)$ en sortie de l'échangeur sont calculées comme suit :

$$\theta_{souf1}(h) = \theta_{souf,ag}(h) + \varepsilon(h) \cdot (\theta_{extr3}(h) - \theta_{souf,ag}(h)) \quad (512)$$

$$\theta_{air,rejeté}(h) = \theta_{extr3}(h) - \varepsilon(h) \cdot (\theta_{extr3}(h) - \theta_{souf,ag}(h)) \quad (513)$$

Il est fait l'hypothèse d'aucun échange d'humidité au sein de l'échangeur. Ainsi,

$$\omega_{souf1}(h) = \omega_{ext}(h) \quad (514)$$

6.3.3.4.7 Prise en compte de la boîte de mélange

La température $\theta_{souf,mel}$ et l'humidité spécifique $\omega_{souf,mel}$ de l'air en sortie de la boîte de mélange sont calculées comme suit :

$$\theta_{souf,mel}(h) = \frac{(q_{m,sou,cond}(h) - q_{m,air\_neuf}(h)) \cdot \theta_{extr2}(h) + q_{m,air\_neuf}(h) \cdot \theta_{souf1}(h)}{q_{m,sou,cond}(h)} \quad (515)$$

$$\omega_{souf,mel}(h) = \frac{(q_{m,sou,cond}(h) - q_{m,air\_neuf}(h)) \cdot \omega_{extr2}(h) + q_{m,air\_neuf}(h) \cdot \omega_{souf1}(h)}{q_{m,sou,cond}(h)} \quad (516)$$

En l'absence de boîte de mélange :

$$\theta_{souf,mel}(h) = \theta_{souf,1}(h) \quad (517)$$

$$\omega_{souf,mel}(h) = \omega_{souf,1}(h) \quad (518)$$

6.3.3.4.8 Prise en compte du ventilateur de soufflage

Le ventilateur de soufflage est considéré comme situé entre la boîte de mélange et la batterie de préchauffage. Il contribue à élever la température de l'air soufflé, selon la relation suivante :

$$\theta_{souf2}(h) = \theta_{souf,mel}(h) + \frac{\eta_{el,vent} \cdot P_{vent,sou}(h)}{C_{pa} \cdot q_{m,sou,cond}(h)} \quad (519)$$

Si $q_{m,sou,cond}(h)$ est nul (inférieur à 1.10^{-6} kg/s), alors θ_{souf2} est prise égale à $\theta_{souf,mel}$.

L'humidité spécifique n'est pas affectée par le ventilateur de soufflage :

$$\omega_{souf,2}(h) = \omega_{souf,mel}(h) \quad (520)$$

6.3.3.4.9 PRE-Traitement de l'air en saison de chauffage ($Aut_{ch}(j) > 0$)

Ce chapitre ne s'applique qu'aux systèmes de ventilation double flux et aux CTA à débits et température constantes n'assurant que les fonctions de prétraitement de l'air (**Type_ventilation_mecanik=1 ou 2**) et en l'absence d'activation de la surventilation mecanique.

La batterie de préchauffage et l'humidification d'hiver ne sont prises en compte qu'au cours de la saison de chauffage effective ($Aut_{ch}(j) = 1$). En mode actif, le fonctionnement est continu sur un pas de temps, on a

$$\tau_{CH/FR} = 100\% \quad (521)$$

6.3.3.4.9.1 Batterie de préchauffage

La régulation de la batterie de préchauffage repose uniquement sur la température extérieure.

Si $\theta_{\text{ext}}(h) < T_{\text{ex,préchaud}}$ alors, la fonction préchauffage est activée. La température de sortie de la batterie de préchauffage et la quantité d'énergie à fournir pour préchauffer l'air sont calculées comme suit :

$$\theta_{\text{souf,préchaud}}(h) = \text{MAX}(T_{\text{cons,préchaud}}; \theta_{\text{souf2}}(h)) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (522)$$

$$Q_{\text{préchaud}}(h) = C_{\text{pa}} \cdot q_{\text{m,sou,cond}}(h) \cdot \text{MAX}(\theta_{\text{souf,préchaud}}(h) - \theta_{\text{souf2}}(h); 0) \text{ (Wh)} \quad (523)$$

Sinon,

$$\theta_{\text{souf,préchaud}}(h) = \theta_{\text{souf2}}(h) \quad (524)$$

$$Q_{\text{préchaud}}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (525)$$

6.3.3.4.9.2 Humidificateur en fonctionnement hiver ($Is\_ChaudHR = 1$: oui)

La fonction humidification est considérée active uniquement au cours de la saison de chauffage ($Aut_{\text{ch}}(j)=1$). On distingue deux typologies d'humidificateurs pour la modélisation :

- à vapeur
- à pulvérisation, ruissellement ou évaporation.

Ainsi :

Cas d'un humidificateur à vapeur (Type_Humidification = 0) :

On calcule l'humidité spécifique à saturation $\omega_{\text{lim,hum}}$ en considérant que l'humidification se fait de manière isotherme. La relation utilisée est la relation empirique suivante :

$$\omega_{\text{lim,hum}}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(A - \frac{B}{\theta_{\text{souf,préchaud}}(h) + C}\right) \quad (526)$$

Où A, B et C sont des constantes empiriques définies dans l'équation (477).

Soit w_{cons} , la consigne d'humidification sur l'air soufflé en kg/kg d'air sec et $w_{\text{souf,2}}(h)$, l'humidité spécifique de l'air entrant dans l'humidificateur. L'humidité spécifique en sortie de l'humidificateur $w_{\text{souf,3}}(h)$ est calculée de la manière suivante :

$$\omega_{\text{souf3}}(h) = \text{MIN}[\omega_{\text{lim,hum}}(h); \text{MAX}(\omega_{\text{souf2}}(h); \omega_{\text{cons}})] \quad (527)$$

La température d'air est considérée comme non-affectée par le passage dans l'humidificateur à vapeur :

$$\theta_{\text{souf3}}(h) = \theta_{\text{souf,préchaud}}(h) \text{ (Wh)} \quad (528)$$

Enfin, la quantité d'énergie à fournir pour l'humidification de l'air soufflé est la suivante :

$$Q_{\text{HR}}(h) = q_{\text{m,sou,cond}}(h) \cdot L_v \cdot \text{MAX}(\omega_{\text{souf3}}(h) - \omega_{\text{souf2}}(h); 0) \text{ (Wh)} \quad (529)$$

Cas d'humidificateur à pulvérisation, ruissellement ou évaporation (Type_Humidification = 1) :

Dans ce second cas de figure, le passage dans l'humidificateur est considéré comme une transformation adiabatique. L'humidité spécifique limite $\omega_{\text{lim,hum}}$ que peut atteindre l'air sortant est alors définie par rapport à l'humidité atteinte à la température de bulbe humide. On applique la procédure FADIAB décrite en formule (476) pour la déterminer :

$$\omega_{lim,hum}(h) = \omega_{souf2}(h) + \eta_{hum} \cdot FADIAB(\theta_{souf,prechaud}(h), \omega_{souf,2}(h)) \quad (530)$$

Où η_{hum} est l'efficacité de l'humidificateur, fixée conventionnellement à 80%.

On en déduit l'humidité spécifique puis la température d'air en sortie d'humidificateur :

$$\omega_{souf3}(h) = MIN[\omega_{lim,hum}(h); MAX(\omega_{souf2}(h); \omega_{cons})] \quad (531)$$

$$\theta_{souf,3}(h) = \theta_{souf,prechaud}(h) - \frac{Lv}{Cpa} \cdot (\omega_{souf3}(h) - \omega_{souf2}(h)) \quad (532)$$

Par ailleurs, la quantité d'énergie pour le processus d'humidification en lui-même est nulle :

$$Q_{HR}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (533)$$

Le débit d'eau fourni à l'air dans ce cas est calculé par :

$$q_{m,eau\_hiver}^{pompe}(h) = q_{m,sou,cond}(h) \times MAX(\omega_{souf,3}(h) - \omega_{souf,2}(h); 0) \quad (534)$$

En l'absence d'humidificateur, ou en dehors de la saison de chauffage ($Aut_{ch}(j)=0$), la température et l'humidité spécifique de l'air sortant sont égales à celles de l'air entrant :

$$\theta_{souf,3}(h) = \theta_{souf,prechaud}(h) \quad (535)$$

$$\omega_{souf,3}(h) = \omega_{souf2}(h) \quad (536)$$

$$Q_{HR}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (537)$$

6.3.3.4.10 Prétraitement de l'air en saison de refroidissement ($Aut_{fr}(j) > 0$)

Ce chapitre ne s'applique qu'aux systèmes de ventilation double flux et aux CTA à débits et température constantes n'assurant que les fonctions de prétraitement de l'air (**Type_ventilation_mecanik=1 ou 2**) et en l'absence d'activation de la surventilation mécanique.

En mode actif, le fonctionnement est continu sur un pas de temps, on a

$$\tau_{CH/FR} = 100\% \quad (538)$$

La présence d'une fonction de rafraîchissement évaporatif par humidification directe n'est pas compatible avec la présence d'une batterie de prérefroidissement (voir conditions sur les paramètres). De fait, les algorithmes décrits ici et au §6.3.3.4.11 ne peuvent pas avoir lieu sur un même pas de temps donné.

La batterie de prérefroidissement de la centrale de traitement d'air ne peut être introduite que dans le cas d'une centrale associée à au moins un groupe climatisé.

La régulation de la batterie de prérefroidissement repose uniquement sur la température extérieure.

Si $\theta_{ext}(h) > T_{ex,préfr}$ alors, la fonction prérefroidissement est activée. La procédure suivante est appliquée.

La batterie à eau froide ou à détente directe est supposée fonctionner à température constante. Ainsi, la température de surface de la batterie, $\theta_{batt}(h)$, peut être calculée en fonction des conditions nominales définies au niveau des réseaux de distribution. On suppose que l'écart entre la température de fluide circulant à l'intérieur de la batterie et l'air soufflé est de 2°C. Ainsi :

$$\theta_{batt}(h) = \theta_{dim,fr} + 2^{\circ}C \quad (539)$$

Où $\theta_{dim,fr}$ est la température nominale de fluide circulant dans la batterie ou l'évaporateur en °C.

On déduit de cela le facteur de bypass équivalent de la batterie, BP(h) :

$$BP(h) = MIN \left(1; \frac{T_{cons,prefroid} - \theta_{batt}(h)}{\theta_{souf2}(h) - \theta_{batt}(h)} \right) \quad (540)$$

Ensuite, on calcule l'humidité spécifique de saturation de l'air à la température de surface de la batterie θ_{batt} :

$$\omega_{sat}(h) = 0,001 \cdot \exp \left(A - \frac{B}{\theta_{batt}(h) + C} \right) \quad (541)$$

La variation d'humidité spécifique de l'air au travers de la batterie de prérefroidissement est la suivante :

$$\Delta\omega_{fr}(h) = MIN(\omega_{sat}(h) - \omega_{souf2}(h); 0) \cdot (1 - BP(h)) \quad (542)$$

Au final, on en déduit la température et l'humidité spécifique en sortie de la batterie de prérefroidissement :

$$\omega_{souf,3}(h) = \omega_{souf,2}(h) + \Delta\omega_{fr}(h) \quad (543)$$

$$\theta_{souf,3}(h) = \theta_{souf,2}(h) - MAX(\theta_{souf,2}(h) - T_{cons,prefroid}; 0) \quad (544)$$

La quantité d'énergie à fournir pour la fonction prérefroidissement est calculée comme suit :

$$Q_{prefroid}(h) = q_{m,sou,cond}(h) \cdot [C_{pa} \cdot MAX(\theta_{souf,3}(h) - \theta_{souf,2}(h); 0) + L_v \cdot \Delta\omega_{fr}(h)] \quad (Wh) \quad (545)$$

Sinon, la fonction de prérefroidissement est désactivée. On a alors :

$$\theta_{sout,3}(h) = \theta_{sout,2}(h) \quad (546)$$

$$\omega_{sout,3}(h) = \omega_{sout,2}(h) \quad (547)$$

$$Q_{prefroid}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (548)$$

6.3.3.4.11 Rafraichissement évaporatif de l'air par humidification directe (Type_Humidification_Ete = 1)

Le rafraichissement par humidification directe consiste à augmenter l'humidité spécifique de l'air soufflé de façon quasi-adiabatique, de manière à abaisser sa température.

Le rafraichissement évaporatif direct n'est actif que si Aut_adiab=1 et Type_Humidification_Ete =1

Par ailleurs on vérifie dans un premier temps que l'air intérieur n'est pas trop humide. Une limite de 70% d'humidité relative est fixée pour se prémunir des éventuels risques.

Ainsi,

$$\omega_{i,fin}^{gr,sat}(h-1) = 10^{-3} \times \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta_{i,fin}^{gr}(h-1) + 235.0}\right) \quad (549)$$

Connaissant le rendement nominal de l'humidificateur direct η_{humdir} , on peut déterminer l'humidité spécifique et la température en sortie de l'humidificateur à partir de la procédure FADIAB décrite au 6.3.3.4.5.3.

Si Aut_adiab=1 et Type_Humidification_Ete =1

Si pour tous les groupes reliés $\omega_{i,fin}^{gr}(h-1) < 0.7 \times \omega_{i,fin}^{gr,sat}(h-1)$ alors,

$$\omega_{sout,hum}(h) = \omega_{sout,2}(h) + \eta_{humdir} \cdot FADIAB(\theta_{sout,2}(h); \omega_{sout,2}(h)) \quad (550)$$

On calcule l'humidité maximale admissible par l'humidification.

$$\omega_{sout,hum,lim}(h) = \eta_{humdir} \cdot \omega_{sat}(h) \quad (551)$$

avec

$$\omega_{sat}(h) = 10^{-3} \times \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta_{sout,2}(h) + 235.0}\right) \quad (552)$$

Si $\omega_{sout,hum,lim}(h) < \omega_{sout,hum}(h)$

$$\omega_{sout,hum}(h) = \omega_{sout,hum,lim}(h) \quad (553)$$

Sinon, si $\omega_{sout,hum,lim}(h) < \omega_{sout,2}(h)$

$$\omega_{sout,hum}(h) = \omega_{sout,2}(h) \quad (554)$$

Dans tous les cas on a :

$$\omega_{souf3}(h) = \omega_{souf,hum}(h) \quad (555)$$

$$\theta_{souf3}(h) = \theta_{souf2}(h) - \frac{L_v}{C_{pa}} \cdot (\omega_{souf3}(h) - \omega_{souf,2}(h)) \quad (556)$$

Sinon, l'humidité et la température ne sont pas modifiés à ce stade,

$$\omega_{souf3}(h) = \omega_{souf2}(h) \quad (557)$$

$$\theta_{souf3}(h) = \theta_{souf2}(h) \quad (558)$$

Le débit d'eau fourni à l'air est calculé par :

$$q_{m,eau\_ete}^{pompe}(h) = q_{m,sou,cond}(h) \times MAX(\omega_{souf,3}(h) - \omega_{souf,2}(h); 0) \quad (559)$$

6.3.3.4.12 Calcul de la température d'air soufflé dans les locaux

En mode zone neutre, la température et l'humidité spécifique en sortie de la centrale sont prises égales à celles en sortie de l'humidificateur, de la batterie de pré-refroidissement ou du dispositif de rafraichissement adiabatique :

$$\theta_{air,souffle}(h) = \theta_{souf,3}(h) \quad (560)$$

$$\omega_{air,souffle}(h) = \omega_{souf,3}(h) \quad (561)$$

On prend ensuite en compte l'impact des pertes thermiques des conduits d'amenée d'air sur la température de soufflage dans les locaux. Ce calcul intervient pour chaque composant bouches-conduits g,s associé à la centrale :

$$\theta_{air,souffle}^{g,s}(h) = \theta_{air,souffle}(h) - (\theta_{air,souffle}(h) - \theta_{inc}^{g,s}(h)) \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{H_{cons,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \cdot q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)}\right) \right) \quad (562)$$

Avec $H_{cond,souf,ext}$ le coefficient de transfert thermique entre l'air à l'intérieur du conduit et l'ambiance (en W/K), calculé au §6.3.3.3.2.

Par ailleurs, l'humidité spécifique de l'air soufflé dans les locaux est égale à celle en sortie de centrale :

$$\omega_{air,souffle}^{g,s}(h) = \omega_{air,souffle}(h) \quad (563)$$

La masse volumique de l'air soufflé est calculée par la relation suivante :

$$\rho_{air,souffle}^{g,s}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{273 + \theta_{air,souffle}^{g,s}(h)} \quad (564)$$

6.3.3.4.13 Consommation des ventilateurs et des pompes d'humidificateur

La consommation des ventilateurs de la centrale est calculée comme suit :

$$W_{vent}(h) = P_{vent,rep}(h) + P_{vent,sou}(h) \quad (565)$$

En présence d'un dispositif d'humidification adiabatique sa consommation est estimée par :

Si Type_Humidification_Ete =1 ou 2 et Aut_adiab=1

$$W_{aux,adiab}(h) = \frac{(-0.0057 \times q_{m,eau\_ete}^{pompe}(h)^2 - 0.7842 \times q_{m,eau\_ete}^{pompe}(h) + 18778) \times \frac{q_{m,eau\_ete}^{pompe}(h)}{3600}}{(-3E-07 \times q_{m,eau\_ete}^{pompe}(h)^2 + 0.0004 \times q_{m,eau\_ete}^{pompe}(h) + 0.0031)} \quad (566)$$

Sinon

$$W_{aux,adiab}(h) = 0 \quad (567)$$

En présence d'un dispositif d'humidification d'hiver à ruissellement, sa consommation est estimée par :

Si Is_ChautHR=1 et Type_Humidification=1

$$W_{aux,chaudHR}(h) = \frac{(-0.0057 \times q_{m,eau\_hiver}^{pompe}(h)^2 - 0.7842 \times q_{m,eau\_hiver}^{pompe}(h) + 18778) \times \frac{q_{m,eau\_hiver}^{pompe}(h)}{3600}}{(-3E-07 \times q_{m,eau\_hiver}^{pompe}(h)^2 + 0.0004 \times q_{m,eau\_hiver}^{pompe}(h) + 0.0031)} \quad (568)$$

Sinon

$$W_{aux,chaudHR}(h) = 0 \quad (569)$$

On ramène ensuite la consommation à chacun des groupes desservis au prorata des débits massiques soufflés par la centrale :

$$W_{aux,v}^{gr}(h) = \frac{\sum_{g,s} q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)}{q_{m,sou,cond}(h)} \cdot (W_{vent}(h) + W_{ech}(h) + W_{aux,adiab}(h) + W_{aux,chaudHR}(h) + W_{elec}^{PH,S}(h)) \quad (570)$$

6.3.3.5 Modélisation au pas de temps horaire en mode actif (chauffage ou refroidissement actifs)

Le calcul en mode actif n'est autorisé que pour les CTA à conditions variables en fonction de la charge thermique (Type_ventilation_mecanik=3 ou 4), hors période de rafraîchissement par surventilation mécanique. Il intervient après calculs des besoins du groupe en chauffage et refroidissement, ainsi que des températures intérieures. L'ensemble de la modélisation des réseaux aérauliques et des différents sous-composants de la centrale doit ainsi être revu.

Par ailleurs, dans le cas ou Type_Humidification_Ete =1 ces algorithmes ne sont pas appliqués en période de refroidissement (Aut_{fr}=1).

6.3.3.5.1 Apport ou déperdition par la ventilation en zone neutre :

Les déperditions (ou apports) thermiques par insufflation d'air en mode zone neutre sont calculées sur la base des résultats de la première partie et de la température d'air moyenne obtenue dans le modèle thermique :

$$P_{ZN}(h) = \sum_{g,s} (C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{air,soufflé}(h)) \cdot q_{m,sou\_spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{air,soufflé}^{g,s}(h) - \theta_{i,moy}^g(h)) \quad (571)$$

6.3.3.5.2 Calcul des débits massiques d'air

6.3.3.5.2.1 Masse volumique d'air repris

La masse volumique de l'air intérieur est la suivante :

$$\rho_{i,moy}^g(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{i,moy}^g(h))} \quad (572)$$

6.3.3.5.2.2 Débits massiques soufflés

Le débit en mode actif (indice CH) est toujours utilisé :

$$q_{m,sou,cond(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{air\_soufflé}^{g,s}(h) \cdot q_{souCH\_cond}^{g,s}(h) \quad (573)$$

Dans tous les cas, le débit massique ramené aux bouches est le suivant :

$$\begin{aligned} q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) &= MAX \left(0 ; q_{m,sou,cond(recalcule)}^{g,s}(h) - \frac{1}{3600} \rho_{air,soufflé}^{g,s}(h) \right. \\ &\quad \left. - 1 \right) \cdot q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}(h) \end{aligned} \quad (574)$$

Soit ramenés au niveau de la centrale :

$$q_{m,sou,cond(recalculé)}(h) = \sum_{g,s \in S} q_{m,sou,cond(recalculé)}^{g,s}(h) \quad (575)$$

$$q_{m,sou,spec(recalculé)}(h) = \sum_{g,s \in S} q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) \quad (576)$$

6.3.3.5.2.3 Débit massique d'air neuf

Ce paragraphe est identique à l'algorithme en mode zone neutre. Les données recalculées sont $Taux_{AN(recalculé)}(h)$ et $q_{m,air\_neuf(recalculé)}(h)$.

6.3.3.5.2.4 Débits massiques d'air repris

Le débit en mode actif (indice CH) est toujours utilisé :

$$q_{m,rep,cond(recalculé)}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \rho_{i,moy}^g(h) \cdot q_{repCH\_cond}^{g,s}(h) \quad (577)$$

Dans tous les cas, le débit massique ramené aux bouches est le suivant :

$$\begin{aligned} q_{m,rep,spec(recalculé)}^{g,s}(h) \\ = MIN \left(0 ; q_{m,rep,cond(recalculé)}^{g,s}(h) - \frac{1}{3600} \rho_{i,fin}^g(h) \right. \\ \left. - 1 \right) \cdot q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}(h) \end{aligned} \quad (578)$$

Soit ramenés au niveau de la centrale

$$q_{m,rep,cond(recalculé)}(h) = \sum_{g,s \in s} q_{m,rep,cond(recalculé)}^{g,s}(h) \quad (579)$$

$$q_{m,rep,spec(recalculé)}(h) = \sum_{g,s \in s} q_{m,rep,spec(recalculé)}^{g,s}(h) \quad (580)$$

6.3.3.5.2.5 Débit massique d'air rejeté

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.3.5 en utilisant cette fois les débits recalculés précédemment. Les variables recalculées sont $q_{m,rep,cond(recalculé)}$ et $q_{m,air\_extrait(recalculé)}$.

6.3.3.5.3 Calcul des puissances de ventilateurs

Les puissances en mode en mode actif (indice CH) sont toujours utilisées :

$$\begin{aligned} P_{vent\_rep(recalculé)}(h) &= P_{vent\_rep\_CH} \\ P_{vent\_sou(recalculé)}(h) &= P_{vent\_sou\_CH} \end{aligned} \quad (581)$$

6.3.3.5.4 Calcul des températures et humidité sur le circuit de reprise

6.3.3.5.4.1 Températures et humidité à l'entrée de la centrale

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.5.1 sauf que l'on utilise $\theta_{i,moy}^g(h)$ et $\omega_{i,moy}^g(h)$ au lieu de $\theta_{i,fin}^g(h-1)$ et $\omega_{i,fin}^g(h-1)$ et les débits recalculés $q_{m,rep,cond(recalculé)}^{g,s}(h)$, $q_{m,rep,spec(recalculé)}^{g,s}(h)$, $q_{m,rep,cond(recalculé)}(h)$ et $q_{m,rep,spec(recalculé)}(h)$. Les variables recalculées sont $\theta_{i,cond(recalculé)}^{g,s}(h)$, $\theta_{inc(recalculé)}^{g,s}(h)$, $\theta_{extr1(recalculé)}^{g,s}(h)$, $\theta_{extr1(recalculé)}(h)$ et $\omega_{extr1(recalculé)}(h)$.

6.3.3.5.4.2 Prise en compte du ventilateur d'extraction

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.8 sauf que l'on utilise $\theta_{extr1(recalculé)}(h)$, $\omega_{extr1(recalculé)}(h)$, $P_{vent,rep(recalculé)}(h)$ et $q_{m,repcond(recalculé)}(h)$. Les variables recalculées sont $\theta_{extr2(recalculé)}(h)$ et $\omega_{extr2(recalculé)}(h)$.

6.3.3.5.4.3 *Rafraichissement évaporatif par humidification indirecte (Type_HR_été=2)*

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.5.3 mais on utilise, les paramètres $\theta_{\text{extr2}(\text{recalculé})}(h)$ et $\omega_{\text{extr2}(\text{recalculé})}(h)$ pour recalculer $\theta_{\text{extr3}(\text{recalculé})}(h)$ et $\omega_{\text{extr3}(\text{recalculé})}(h)$. Le débit d'eau $q_{m,\text{eau\_ete}(\text{recalculé})}^{\text{pompe}}(h)$ est recalculé à partir de $q_{m,\text{rep,cond}(\text{recalculé})}(h)$

6.3.3.5.5 Prise en compte de l'échangeur air extrait/air neuf et sa régulation

6.3.3.5.5.1 *Température d'air neuf*

Ce paragraphe est identique à l'algorithme en mode zone neutre. La température d'air neuf $\theta_{AN(\text{recalculée})}$ est recalculée en fonction des débits d'air neuf recalculés.

En cas de présence d'un puits hydraulique, la consommation recalculée de l'échangeur du puits hydraulique, $W_{\text{elec}(\text{rec})}^{PH,S}$, est comptabilisée.

6.3.3.5.5.2 *Gestion du bypass de l'échangeur:*

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.6.2 en utilisant la valeur de $\theta_{AN(\text{recalculée})}$. La variable $\delta_{\text{bypass}(\text{recalculée})}(h)$ est recalculée.

6.3.3.5.5.3 *Calcul de l'efficacité et de la consommation électrique de l'échangeur:*

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.6.3 sauf que l'on utilise $\delta_{\text{bypass}(\text{recalculée})}(h)$, $q_{m,\text{air\_neuf}(\text{recalculé})}$ et $q_{m,\text{air\_extrait}(\text{recalculé})}$ pour calculer $\epsilon(\text{recalculé})$ et $W_{\text{ech}(\text{recalculé})}$.

6.3.3.5.5.4 *Prise en compte de la sécurité antigel de l'échangeur ($i_{\text{antigel}} = 1$):*

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.6.4 en utilisant $\theta_{\text{extr3}(\text{recalculé})}(h)$, $\theta_{AN(\text{recalculée})}$, $\epsilon(\text{recalculé})$ et $q_{m,\text{air\_neuf}(\text{recalculé})}$. Les variables calculées sont $\theta_{\text{souf,ag}(\text{recalculé})}(h)$ et $W_{\text{ag}(\text{recalculé})}(h)$.

6.3.3.5.5.5 *Calcul des températures et humidité d'air soufflé et rejeté en sortie de l'échangeur :*

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.6.5 en utilisant $\theta_{\text{extr3}(\text{recalculé})}(h)$, $\epsilon(\text{recalculé})$, $\theta_{\text{souf,ag}(\text{recalculé})}(h)$. Les variables calculées sont $\theta_{\text{souf1}(\text{recalculé})}(h)$ et $\theta_{\text{air,rejeté}(\text{recalculé})}(h)$. Le calcul de l'humidité reste inchangé.

6.3.3.5.6 Prise en compte de la boîte de mélange :

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.7 en utilisant $\theta_{\text{souf1}(\text{recalculé})}(h)$, $\theta_{\text{extr2}(\text{recalculé})}(h)$, $\omega_{\text{extr2}(\text{recalculé})}(h)$ et les nouveaux débits $q_{m,\text{air\_neuf}(\text{recalculé})}$ et $q_{m,\text{sou,cond}(\text{recalculé})}$. Les variables calculées sont $\theta_{\text{souf,mel}(\text{recalculé})}(h)$ et $\omega_{\text{souf,mel}(\text{recalculé})}(h)$.

6.3.3.5.7 Prise en compte du ventilateur de soufflage :

Ce paragraphe est identique au §6.3.3.4.8 en utilisant $\theta_{\text{souf,mel}(\text{recalculé})}(h)$, $\omega_{\text{souf,mel}(\text{recalculé})}(h)$, $P_{\text{vent,sou}(\text{recalculé})}$ et $q_{m,\text{sou,cond}(\text{recalculé})}$. Les variables calculées sont $\theta_{\text{souf2}(\text{recalculé})}(h)$ et $\omega_{\text{souf2}(\text{recalculé})}(h)$.

6.3.3.5.8 Traitement de l'air pour assurer les charges de chauffage ou de refroidissement

Le principe de calcul consiste à partir des températures à souffler au niveau des bouches pour assurer les charges thermiques pour en déduire les conditions de fonctionnement de la centrale.

6.3.3.5.8.1 Température de l'air soufflé au niveau des bouches

Cas des CTA à débit constant et température variable (Type ventilation mecaniq=3):

Le débit restant constant, c'est la température de soufflage moyenne aux bouches qui est ajustée pour répondre à la charge thermique. La température de soufflage moyenne est recalculée par rapport celle calculée lors du premier calcul en mode zone neutre. Elle est appliquée à toutes les bouches de soufflage.

Le taux de charge de la centrale, équivalent au temps de fonctionnement en mode actif, est de 100% :

$$\tau_{CH/FR} = 100\% \quad (582)$$

- Chauffage de l'air $[(\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) > 0 \text{ Wh ou } is_{report\_ch}^g(h-1)=1)]$ et $Is\_chaud=1$:

$$\theta_{sou,bouches}(h) = \theta_{i,moy}^g + \frac{\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) + P_{ZN}(h)}{(C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{souf2(rec.)(h)}) \times q_{m,sou,spec(rec.)(h)}} \quad (583)$$

- Refroidissement de l'air $[(\sum Q_{sys\_fr}(h) < 0 \text{ Wh ou } is_{report\_fr}^g(h-1)=1)]$ et $Is\_froid=1$:

$$\theta_{sou,bouches}(h) = \theta_{i,moy}^g + \frac{\sum Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) + P_{ZN}(h)}{(C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{souf2(rec.)(h)}) \times q_{m,sou,spec(rec.)(h)}} \quad (584)$$

Cas des CTA à débit variable (Type ventilation mecaniq=4):

La température de soufflage aux bouches est imposée à sa valeur nominale et une durée équivalente de fonctionnement en mode actif est calculée.

- Chauffage de l'air $[(\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) > 0 \text{ Wh ou } is_{report\_ch}^g(h-1)=1)]$ et $Is\_chaud=1$:

$$\theta_{sou,bouches}(h) = \theta_{sou\_nom\_chaud} \quad (585)$$

La quantité d'énergie fournie par la centrale en chauffage à sa température nominale par rapport aux déperditions ou apports en fonctionnement zone neutre est la suivante :

$$\begin{aligned} P_{sys\_CH/FR\_max}(h) &= (C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{souf2(rec.)(h)}) \times q_{m,sou,spec(rec.)(h)} \times (\theta_{sou,bouches}(h) - \theta_{i,moy}^g(h)) \\ &\quad - P_{ZN}(h) \end{aligned} \quad (586)$$

On en déduit le taux de charge de la centrale, équivalent au temps de fonctionnement en mode actif :

$$\tau_{CH/FR}(h) = \frac{\sum Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)}{P_{sys\_CH/FR\_max}(h)} \quad (587)$$

Lorsque le taux de charge est supérieur à 1, on complète l'énergie fournie en considérant une augmentation de la température soufflée selon la relation (583) et $\tau_{CH/FR}(h) = 1$

En cas de puissance insuffisante au niveau des générateurs de la centrale au pas de temps précédent, on considère qu'on fonctionne à débit nominal au pas de temps actuel :

$$\text{Si } i_{\text{report\_ch}}^g(h-1)=1 \text{ alors } \tau_{CH/FR}(h) = 1 \quad (588)$$

Lorsque le taux de charge est supérieur à 1, on complète l'énergie fournie en considérant une augmentation de la température soufflée selon la relation (583).

- Refroidissement de l'air [$(\sum Q_{\text{sys\_fr}}(h) < 0 \text{ Wh ou } i_{\text{report\_fr}}^g(h-1)=1)$] et $i_{\text{s\_froid}}=1$:

En refroidissement, on calcule en premier la température de soufflage aux bouches sans refroidissement supplémentaire. La température effective est le minimum de cette température et de la température nominale en refroidissement actif.

Soit

$$\exp H^{g,s}(h) = \exp \left(- \frac{H_{\text{cond,souf,ext}}^{g,s}}{C_{pa} \cdot q_{m,\text{sou,cond(rec.)}}^{g,s}(h)} \right) \quad (589)$$

Soit :

$$\theta_{\text{sou,bouches}}(h) = \frac{\sum_{g,s} \left[q_{m,\text{sou,cond(rec.)}}^{g,s}(h) \times (\theta_{\text{souf2(rec.)}}(h) - (\theta_{\text{souf2(rec.)}}(h) - \theta_{\text{Lnc}}^{g,s}(h)) \times (1 - \exp H^{g,s}(h))) \right]}{q_{m,\text{sou,cond(rec.)}}(h)}$$

Ainsi,

$$\theta_{\text{sou,bouches}}(h) = \text{MIN}(\theta_{\text{sou,bouches}}(h), \theta_{\text{sou,nom,froid}}(h)) \quad (591)$$

La quantité d'énergie fournie par la centrale en refroidissement à sa température nominale est la suivante :

$$\begin{aligned} P_{\text{sys\_CH/FR\_max}}(h) &= (C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{\text{souf2(rec.)}}(h)) \times q_{m,\text{sou\_spec(rec.)}}(h) \\ &\times (\theta_{\text{sou,bouches}}(h) - \theta_{i,\text{moy}}^g(h)) + P_{ZN}(h) \end{aligned} \quad (592)$$

On en déduit le taux de charge de la centrale, équivalent au temps de fonctionnement en mode actif.

$$\tau_{CH/FR}(h) = \frac{\sum Q_{\text{sys\_fr}}^{g,s}(h)}{P_{\text{sys\_CH/FR\_max}}(h)} \quad (593)$$

Lorsque le taux de charge est supérieur à 1, on complète l'énergie fournie en considérant une diminution de la température soufflée selon la relation (584) et $\tau_{CH/FR}(h) = 1$.

En cas de puissance insuffisante au niveau des générateurs de la centrale au pas de temps précédent, on considère qu'on fonctionne à débit nominal au pas de temps actuel :

$$\text{Si } i_{\text{report\_fr}}^g(h-1)=1 \text{ alors } \tau_{CH/FR}(h) = 1 \quad (594)$$

6.3.3.5.8.2 Température de l'air soufflé en sortie de la centrale

La température d'air soufflé en sortie de la centrale est calculée à partir de la température moyenne d'air soufflé requise aux bouches et des pertes/fuites aérauliques hors volume chauffé :

$$\begin{aligned}
& \theta_{air\_souffle(rec.)}(h) \\
& \sum_{g,s} \left[q_{m,sou,cond(rec.)}^{g,s}(h) \times \frac{(\theta_{sou,bouches}(h) - \theta_{Lnc(rec.)}^{g,s}(h) \times (1 - \exp H^{g,s}(h)))}{\exp H^{g,s}(h)} \right] \\
& = \frac{\quad}{q_{m,sou,cond(rec.)}(h)} \quad (595)
\end{aligned}$$

$\exp H^{g,s}(h)$ est calculé selon la relation (589).

6.3.3.5.8.3 Prise en compte du chauffage ($Autch(j)>0$ et $Q_{sys,ch}(h) > 0$ Wh)

La température d'air soufflé requise après l'étape de chauffage correspond à la température attendue en sortie de bouche en prenant en compte les pertes des conduits :

$$\theta_{souv\_CH/FR}(h) = \theta_{air\_souffle(rec.)(h)} \quad (596)$$

Il convient de s'assurer dans un premier temps que le dispositif de chauffage est en mesure d'atteindre la température en sortie de centrale requise. Pour ce faire, une variable de sous dimensionnement est calculée, en supposant que la température maximale de soufflage possible est de 60°C :

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{souv\_CH/FR}(h) > 60^\circ C \\ Nb_{soudim\_DAV\_Cr}(h) &= Nb_{soudim\_DAV\_Ch}(h - 1) + 1 \\ \text{Sinon} \\ Nb_{soudim\_DAV\_Cr}(h) &= 0 \\ Nb_{soudim\_DAV\_Cr}(h - 1) &= Nb_{soudim\_DAV\_Cr}(h) \end{aligned} \quad (597)$$

Si un sous dimensionnement est avéré sur plus de 6 pas de temps consécutifs, un message d'erreur est généré, invitant à revoir le dimensionnement de la DAV (débit, température de batterie etc).

Le besoin de chauffage recalculé au niveau de la centrale est donc le suivant. Ce besoin s'exprimant en Wh, il doit tenir compte de la durée de fonctionnement en mode actif :

$$Q_{chaud(rec.)(h)} = \tau_{CH/FR}(h) \cdot (C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{souv2(rec.)(h)}) \times q_{m,sou,cond(rec.)(h)} \times (\theta_{souv\_CH/FR}(h) - \theta_{souv2(rec.)(h)}) \quad (598)$$

$$Q_{chaud(rec.)(h)} = MAX(0; Q_{chaud(rec.)(h)}) \quad (599)$$

L'humidité en sorte de la centrale est inchangée :

$$\omega_{souvCH/FR}(h) = \omega_{souv2(rec.)(h)} \quad (600)$$

6.3.3.5.8.4 Prise en compte du refroidissement ($Autfr(j)>0$ et $Q_{sys,fr}(h) < 0$ Wh)

La température d'air soufflé requise après l'étape de refroidissement correspond à la température d'air soufflé :

$$\theta_{souv\_CH/FR}(h) = \theta_{air\_soufflé(rec.)(h)} \quad (601)$$

Le besoin de refroidissement recalculé au niveau de la centrale est donc le suivant. Ce besoin s'exprimant en Wh, il doit tenir compte de la durée de fonctionnement en mode actif :

$$Q_{froid(rec.)(h)} = \tau_{CH/FR}(h) \cdot (C_{pa} + C_{pv} \times \omega_{souv2(rec.)(h)}) \times q_{m,sou,cond(rec.)(h)} \times (\theta_{souv\_CH/FR}(h) - \theta_{souv2(rec.)(h)}) \quad (602)$$

$$Q_{froid(rec.)(h)} = MIN(0; Q_{froid(rec.)(h)}) \quad (603)$$

Le besoin de refroidissement précédemment calculé correspond au besoin sensible (sans déshumidification). Il convient de prendre en compte également le besoin latent.

Si $Q_{sys\_fr(rec.)(h)} < 0$ (Wh), alors,

Au même titre que pour les batteries de refroidissement, la batterie à eau froide ou à détente directe est supposée fonctionner à température constante. Ainsi, la température de surface de la batterie, $\theta_{batt}(h)$, peut être calculée en fonction des conditions nominales définies au niveau des réseaux de

distribution. On suppose que l'écart entre la température de fluide circulant à l'intérieur de la batterie et l'air soufflé est de 2°C. Ainsi :

$$\theta_{batt}(h) = \theta_{dim,fr} + 2^{\circ}C \quad (604)$$

Où $\theta_{dim,fr}$ est la température nominale de fluide circulant dans la batterie ou l'évaporateur en °C.

Il convient de s'assurer dans un premier temps que le dispositif de refroidissement est en mesure d'atteindre la température en sortie de centrale attendue. Pour ce faire, une variable de sous dimensionnement est calculée :

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{souf\_CH/FR}(h) < \theta_{batt}(h) \\ Nb_{soudim\_DAV\_Fr}(h) &= Nb_{soudim\_DAV\_Fr}(h-1) + 1 \\ \text{Sinon} \\ Nb_{soudim\_DAV\_Fr}(h) &= 0 \\ Nb_{soudim\_DAV\_Fr}(h-1) &= Nb_{soudim\_DAV\_Fr}(h) \end{aligned} \quad (605)$$

Si un sous dimensionnement est avéré sur plus de 6 pas de temps consécutifs, un message d'erreur est généré, invitant à revoir le dimensionnement de la DAV (débit, température de batterie etc).

Si aucun message n'a été généré, le calcul suit son cours.

On déduit alors le facteur de bypass équivalent de la batterie, BP(h) :

$$BP(h) = MIN \left(1; \frac{\theta_{souf\_CH/FR}(h) - \theta_{batt}(h)}{\theta_{souf2(rec.)(h)} - \theta_{batt}(h)} \right) \quad (606)$$

Ensuite, on calcule l'humidité spécifique de saturation de l'air à la température de surface de la batterie θ_{batt} :

$$\omega_{sat}(h) = 0,001 \cdot \exp \left(A - \frac{B}{\theta_{batt}(h) + C} \right) \quad (607)$$

La variation d'humidité spécifique de l'air au travers de la batterie de refroidissement est la suivante :

$$\Delta\omega_{fr}(h) = MIN(\omega_{sat}(h) - \omega_{souf2(rec.)(h)}; 0) \cdot (1 - BP(h)) \quad (608)$$

Au final, on en déduit la température et l'humidité spécifique en sortie de la batterie de refroidissement :

$$\omega_{soufCH/FR}(h) = \omega_{souf,2(rec.)(h)} + \Delta\omega_{fr}(h) \quad (609)$$

Le besoin supplémentaire associé à la déshumidification est le suivant. Ce besoin s'exprimant en Wh, il doit tenir compte de la durée de fonctionnement en mode actif :

$$Q_{sys\_lat\_fr}(h) = \tau_{CH/FR}(h) \times q_{m,sou,cond(rec.)(h)} \times L_v \times \Delta\omega_{fr}(h) \quad (610)$$

Le besoin total est le suivant :

$$Q_{froid(rec.)(h)} = Q_{froid(rec.)(h)} + Q_{sys\_lat\_fr}(h) \quad (611)$$

Sinon (besoin de refroidissement recalculé nul),

$$\omega_{souf\_CH/FR}(h) = \omega_{souf2(rec.)(h)} \quad (612)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage :

$$\omega_{air\_soufflé(rec.)}^{g,s}(h) = \omega_{souf\_CH/FR}(h) \quad (613)$$

6.3.3.5.8.4.1 Calcul des consommations d'énergie des auxiliaires par groupe

Les consommations de ventilateurs s'exprimant en Wh, elles doivent tenir compte des durées respectives de fonctionnement en mode actif et en mode zone neutre :

$$W_{vent(rec.)}(h) = \tau_{CH/FR}(h) \times (P_{vent,rep(rec.)}(h) + P_{vent,sou(rec.)}(h)) + (1 - \tau_{CH/FR}(h)) \times W_{vent}(h) \quad (614)$$

De même, on recalcule la puissance des pompes servant au rafraichissement adiabatique:

si Aut_adiab=1 et Type_Humidification_Ete =2

$$W_{aux,adiab(rec.)}(h) = \frac{(-0.0057 \times q_{m,eau\_ete(rec.)}^{pompe}(h)^2 - 0.7842 \times q_{m,eau\_ete(rec.)}^{pompe}(h) + 18778) \times \frac{q_{m,eau\_ete(1)}^{pompe}}{3600}}{(-3E-07 \times q_{m,eau\_ete(rec.)}^{pompe}(h)^2 + 0.0004 \times q_{m,eau\_ete(rec.)}^{pompe}(h) + 0.0031)} \quad (615)$$

Sinon

$$W_{aux,adiab}(h) = 0 \quad (616)$$

Ici encore, il est nécessaire de tenir compte des durées respectives de fonctionnement en mode actif et en mode zone neutre

$$W_{aux,adiab(rec.)}(h) = \tau_{CH/FR}(h) \times W_{aux,adiab(rec.)}(h) + (1 - \tau_{CH/FR}(h)) \times W_{aux,adiab}(h) \quad (617)$$

Enfin, la consommation du puits hydraulique doit également tenir compte des durées respectives de fonctionnement en mode actif et en mode zone neutre

$$W_{elec(rec.)}^{PH,S}(h) = \tau_{CH/FR}(h) \times (W_{elec(rec.)}^{PH,S}(h)) + (1 - \tau_{CH/FR}(h)) \times W_{elec}^{PH,S}(h)$$

On ramène ensuite la consommation à chacun des groupes desservis au prorata des débits massiques soufflés par la centrale :

$$W_{aux,v}^{gr}(h) = \frac{\sum_{g,s \in gr} q_{m,sou,cond(rec.)}^{g,s}(h)}{q_{m,sou,cond(rec.)}(h)} \cdot (W_{vent(rec.)}(h) + W_{ech}(h) + W_{aux,adiab(rec.)}(h) + W_{elec(rec.)}^{PH,S}(h)) \quad (618)$$

6.4 C_VEN_Mécanique_Basse-Pression

6.4.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit le calcul des débits, températures et humidités d'air repris pour le calcul du Cep ainsi que l'impact énergétique des ventilateurs pour les systèmes de ventilation mécanique basse pression.

Cette description repose sur la modélisation simplifiée d'un système de ventilation à débit constant décrite en Figure 74 (NF EN 16798).

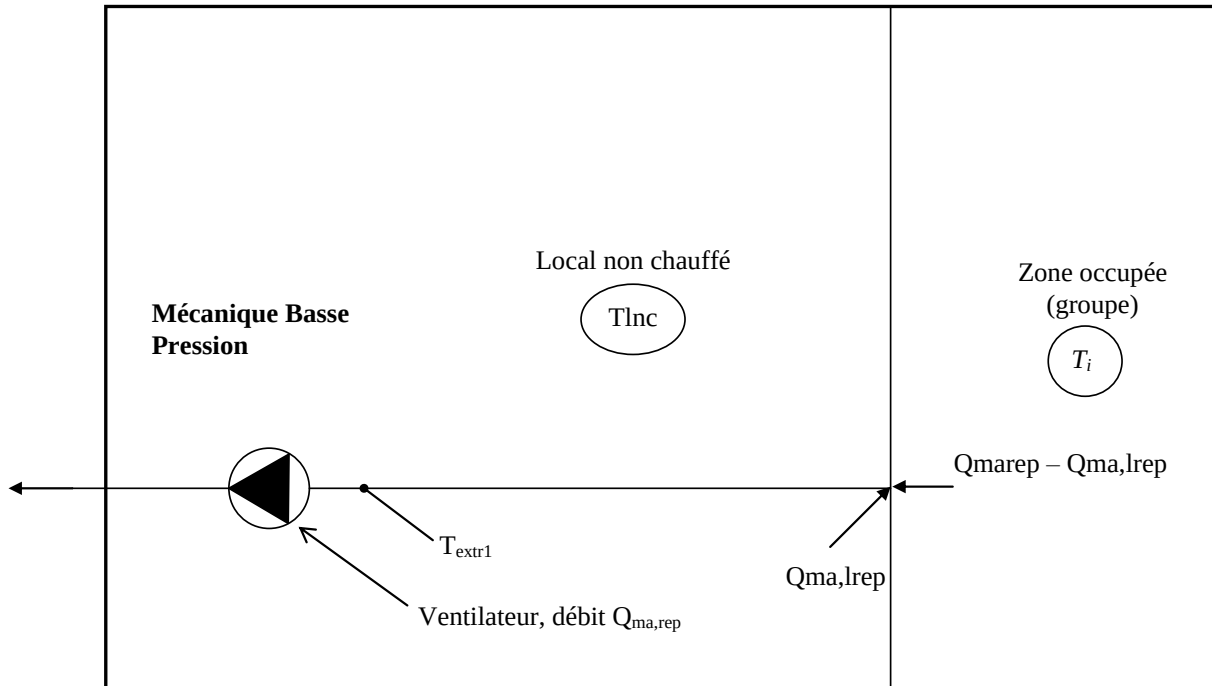


Figure 74 Modélisation d'un système de ventilation Mécanique Basse Pression

6.4.2 DEFINITION

Le système d'extraction mécanique basse pression est conçu pour les logements collectifs équipés de conduits individuels ou de conduits collectifs de type SHUNT. Il permet d'assurer le fonctionnement permanent de l'assistance mécanique de l'évacuation de l'air vicié.

Il est composé de (liste non exhaustive) :

- un ensemble d'entrées d'air,
- un ensemble de bouches d'extraction,
- un caisson d'extraction,
- un réseau de conduits aérauliques.

6.4.3 NOMENCLATURE

Le Tableau 63 donne la nomenclature des différentes variables.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
I_{vent}	Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool
$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe par le système S	m³/h
$q_{rep,cond}^{g,s}$	Débit repris par le système S en tenant compte des conduits	m³/h
$\theta_{i,fin}$	Température de l'air intérieur du groupe à la fin du pas de temps précédent	°C
θ_{ext}	Température extérieure au pas de temps h	°C
W_{ext}	Poids d'eau dans l'air extérieur au pas de temps h	kg/kg as
Dugd	Durée d'Utilisation du Grand Débit exprimée en h/semaine	h
$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise	m²
R_{rep}	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors volume chauffé	m²K/W

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Isouf	Isouf=0 extraction Isouf = 1 insufflation	-	0	1	-
Pventbase	Puissance électrique du ventilateur en résidentiel en base	W	0	+∞	
Pventpointe	Puissance électrique du ventilateur en résidentiel en pointe	W	0	+∞	
b	Ratio de prise en compte de la présence de locaux non chauffés pour la partie des conduits correspondante	ad	0	1	-
$I_{Typologie}$	Indique la typologie : Résidentiel (Maison individuelle ou accolée ou logement collectif) ou non résidentiel				

Paramètres intrinsèques					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
Cpa	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006
pel	Rendement des ventilateurs	-	0,8

Variables internes		
Nom	Description	Unité
$T_{extr\ 1}$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit	°C
$T_{extr\ 2}$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction	°C
$A_{cond,rep,ext}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise donnant sur l'extérieur	m ²
$H_{cond,rep,ext}^{g,s}$	Conductivité thermique du conduit de reprise	W/K
T_{LNC}	Température du local non chauffé	°C
Pvent	Puissance du ventilateur	W
Dugd _{equ}	Durée d'Utilisation équivalente du Grand Débit exprimée en h/semaine lorsqu'il y a plusieurs bouches	h

Sorties		
Nom	Description	Unité
$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe	m ³ /h
Cvent	Consommation des ventilateurs de la zone	W

Tableau 63 : Nomenclature du modèle

6.4.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

On décrit successivement le calcul des consommations de ventilateur, des températures et des humidités.

6.4.4.1 Définition des puissances des ventilateurs

Isouf = 0 et quelque soit lvent

$$Dugd_{equ} = \max(Dugd^s; \text{ sur l'ensemble des bouches du système}) \quad (619)$$

$$P_{vent} = \frac{P_{ventpointe} \times Dugd_{equ} + P_{ventbase} \times (168 - Dugd_{equ})}{168} \quad (620)$$

6.4.4.2 Calcul des consommations électriques de ventilateur

La consommation (Wh) consiste à sommer les puissances (en Watt) qui sont évaluées à chaque heure.

$$C_{vent} = P_{vent} \quad (621)$$

6.4.4.3 Calcul des températures de l'air

Température après impact pertes du conduit :

$$T_{extr1}^{g,s} = \theta_{i,cond} - (\theta_{i,cond} - T_{Lnc}) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times \rho_{i,g} \times (abs(q_{rep,cond}^{g,s}))} \right) \right) \quad (622)$$

Avec

$$\theta_{i,cond} = \frac{q_{spec\_repris}^{g,s} * \theta_{i,fin}^g + (q_{rep,cond}^{g,s} - q_{spec\_repris}^{g,s}) * T_{Lnc}}{q_{rep,cond}^{g,s}} \quad (623)$$

$$T_{Lnc} = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin} + b \times \theta_{ext} \quad (624)$$

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}^{g,s}}{R_{rep}^{g,s} + 0.02} \quad (625)$$

$$A_{cond,rep,ext}^{g,s} = (1 - Ratfuitevc) \times A_{cond,rep}^{g,s} \quad (626)$$

Température après impact ventilateur d'extraction :

$$T_{extr2}^{g,s} = T_{extr1}^{g,s} + \frac{3600 \times pel \times P_{vent}}{C_{pa} \times \rho_{i,g} \times abs(q_{rep,cond}^{g,s})} \quad (627)$$

6.5 C_VEN_Mécanique_SF

6.5.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit le calcul des débits, températures et humidités d'air repris et soufflé pour le calcul du C ainsi que l'impact énergétique des ventilateurs pour les systèmes de ventilation mécanique simple flux par extraction ou par insufflation.

Cette description repose sur la modélisation simplifiée d'un système de ventilation à débit constant décrite en Figure 75 (NF EN 16798).

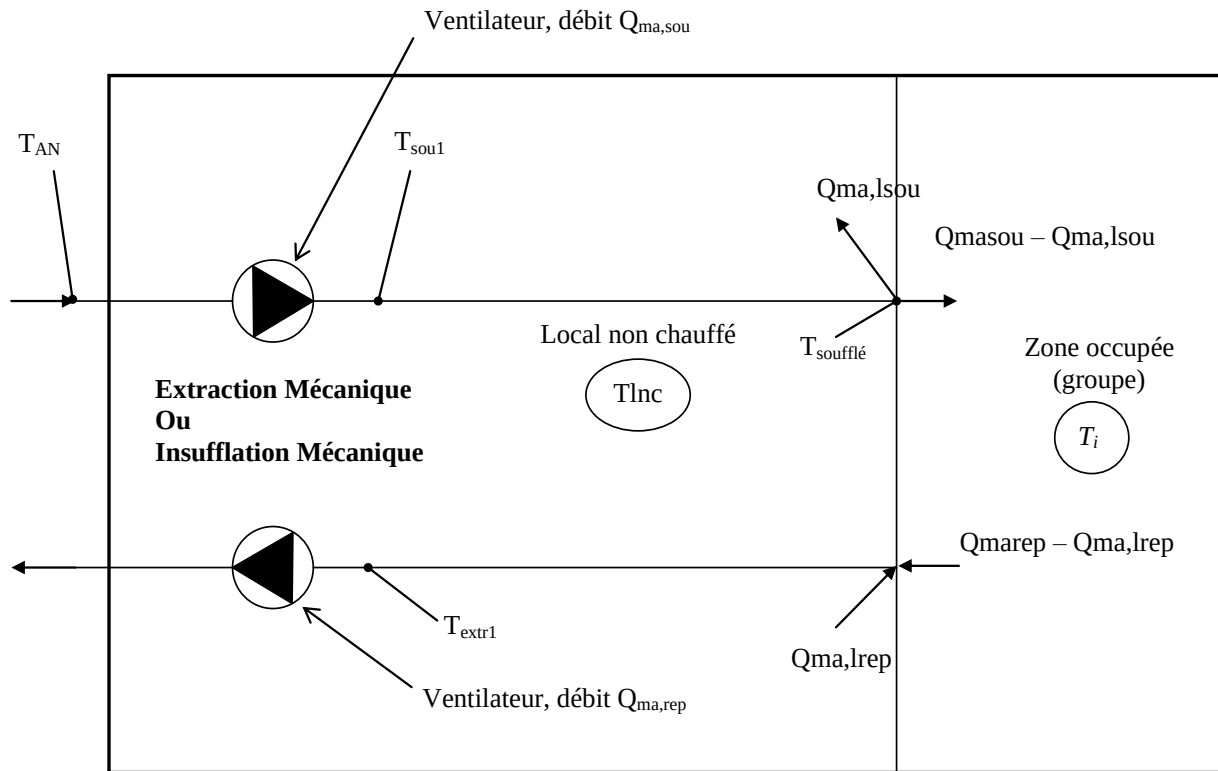


Figure 75. Modélisation d'un système de ventilation Mécanique Simple Flux par Insufflation ou par Extraction

6.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 64 suivant donne la nomenclature des différentes variables.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
I_{vent}	Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool
$q_{spec\_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe par le système S	m³/h
$q_{spec\_souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe par le système S	m³/h
$q_{rep,cond}^{g,s}$	Débit repris par le système S en tenant compte des conduits	m³/h
$q_{soufflé,cond}^{g,s}$	Débit soufflé par le système S en tenant compte des conduits	m³/h
$\theta_{i,fin}$	Température de l'air intérieur du groupe à la fin du pas de temps précédent	°C
θ_{ext}	Température extérieure au pas de temps h	°C
W_{ext}	Poids d'eau dans l'air extérieur au pas de temps h	kg/kgas
$\theta_{eau\_out}^{PH}(h)$	Température de l'eau glycolée après passage dans le puits hydraulique (= température d'entrée dans l'échangeur air/eau)	°C
$Q^{PH}(h)$	Débit de l'eau glycolée dans le puits hydraulique au pas de temps h (<i>Puits hydraulique</i>)	m³/h
$W_{elec(rec)}^{PH,S}(h)$	Quantité d'énergie absorbée par la pompe du puits hydraulique au pas de temps h	Wh
Dugd	Durée d'Utilisation du Grand Débit exprimée en h/semaine	h
$\theta_{air,out}^{pc}(h)$	Température en sortie du puits climatique au pas de temps h	°C
$\rho_{i,g,prev}$	Masse volumique de l'air extrait du groupe g au pas de temps h-1	kg/m³
$Isaison^{GR}$	indicateur de la saison pour chaque groupe connecté	-
Cvent_pc	consommation du ventilateur du puits climatique	W

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	M in	Max	Conv.
Isouf	Isouf = 0 si extraction Isouf = 1 si insufflation	-	0	1	-
Pventocc	Puissance électrique du ventilateur de soufflage ou de reprise en occupation en non résidentiel	W	0	+∞	-
Pventinocc	Puissance électrique du ventilateur de soufflage ou de reprise en non résidentiel en inoccupation	W	0	+∞	

Pventbase	Puissance électrique du ventilateur en résidentiel en base	W	0	+∞	
Pventpointe	Puissance électrique du ventilateur en résidentiel en pointe	W	0	+∞	
$I_{climatique}$	Booléen indiquant le raccordement éventuel à un puits climatique ou un espace tampon	Bool	Vrai	Faux	-
$I_{hydraulique}$	Booléen indiquant le raccordement éventuel à un puits hydraulique	Bool	Vrai	Faux	-
$Id_{puits\_climatique}$	Index unique du puits climatique auquel est raccordé la centrale. <i>Si 0, pas de raccordement.</i>	Ent	0	+∞	-
$Id_{puits\_hydraulique}$	Index unique du puits hydraulique auquel est raccordé la centrale. <i>Si 0, pas de raccordement.</i>	Ent	0	+∞	-
b	Ratio de prise en compte de la présence de locaux non chauffés pour la partie des conduits correspondante	ad	0	1	-
$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise	m ²	0	+∞	
$A_{cond,soufflé}^{g,s}$	Surface du conduit de soufflage	m ²	0	+∞	
R_{rep}	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors du volume chauffé	m ² K/W	0	+∞	
R_{souf}	Résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors du volume chauffé	m ² K/W	0	+∞	
$I_{typologie}$	Indique la typologie : Résidentiel (Maison individuelle ou accolée ou logement collectif) ou non résidentiel				
Ratfuitevc	Ratio des fuites en volume chauffé	-	0	1	

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	M in	Max	Conv.
$Type\_eff\_echangeur\_PH$	Type de valeur choisi pour définir l'efficacité de la batterie du puits hydraulique : 2. Valeur par défaut 3. Valeur saisie par l'utilisateur	-	0	1	-
$Type\_surventilation\_PH$	Présence d'une fonction de surventilation d'été associée au puits hydraulique : <i>0 : Pas de surventilation,</i> <i>1 : Surventilation d'été synchronisée avec le fonctionnement du puits hydraulique</i>	-	0	1	-
P_{ch}	Puissance de la batterie du puits hydraulique en mode préchauffage pour un air neuf à -10°C et une température d'eau entrant dans la batterie de 10°C, aux débits nominaux d'air et d'eau.	kW	0	+ ∞	
P_{fr}	Puissance de la batterie du puits hydraulique en mode prérefroidissement pour un air neuf à 30°C et une température d'eau entrant dans la batterie	kW	0	+ ∞	

de 10°C, aux débits nominaux d'air et d'eau du projet.

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006
η_{pel}	Taux de récupération sur les ventilateurs	-	0,8
ρ_{ref}	Masse volumique de l'air de référence	kg/m ³	1,2
ρ_{eau_gl}	Masse volumique de l'eau glycolée (<i>Puits hydraulique</i>)	Kg/m ³	1040
$C_{p_{eau\_gl}}$	Capacité calorifique de l'eau glycolée (<i>Puits hydraulique</i>)	J/(kg.K)	3751
$\epsilon_{batt\_PH\_défaut}$	Efficacité par défaut de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-	0,65

Variables internes

Nom	Description	Unité
P_{vent}	Puissance des ventilateurs	W
P_{vent}^g	Puissance des ventilateurs du groupe	W
$T_{extr\ 1}^{g,s}$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit	°C
$T_{extr\ 1}^s$	Température de l'air extrait avant impact du ventilateur du système de ventilation S	°C
$T_{extr\ 2}^s$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction du système de ventilation S	°C
$T_{souf\ 1}^s$	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur du système de ventilation S	°C
$T_{souf\ 2}^s$	Température de l'air soufflé après impact du réseau de soufflage du système de ventilation S	°C
T_{AN}^s	Température de l'air neuf vu par le système de ventilation S (la CTA ou la VMC DF)	°C
T_{AN}	<i>Variable intermédiaire</i> - Température de l'air neuf	°C
$T_{air\_out\ PH}$	<i>Température de l'air neuf en sortie de l'échangeur air/eau glycolée du puits climatique</i>	°C
$A_{cond\ ,rep\ ,ext}$	Surface du conduit de reprise donnant sur l'extérieur	m ²
$A_{cond\ ,souf\ ,ext}$	Surface du conduit de soufflage donnant sur l'extérieur	m ²
$H_{cond\ ,rep\ ,ext}$	Conductivité thermique du conduit de reprise	W/K
$H_{cond\ ,souf\ ,ext}$	Conductivité thermique du conduit de soufflage	W/K
T_{LNC}	Température du local non chauffé	°C
T_{AN}^s	Température de l'air neuf vu par le ventilateur (système de ventilation S)	°C

θ_{icond}	Température de l'air à l'intérieur des conduits d'extraction	°C
D_{gdequ}	Durée d'Utilisation équivalente du Grand Débit exprimée en h/semaine lorsqu'il y a plusieurs bouches	h
$q_{m-AN\_nom\_occ\_cond}$	Débit massique nominal total d'air neuf des centrales de ventilation connectées au puits hydraulique en période d'occupation (incluant les débits de fuite réseau et le coefficient de dépassement des bouches)	kg/s
$q_{m\_sou\_rafnoc\_cond}$	Débit massique d'air neuf total des centrales de ventilation connectées au puits hydraulique en période de surventilation (incluant les débits de fuite réseau et le coefficient de dépassement des bouches)	kg/s
$C_{\text{air\_neuf\_total}}$	Débit total capacitif de l'air neuf avant distribution aux différents systèmes desservis par le puits hydraulique	W/K
$C_{\text{eau\_PH}}$	Débit capacitif de l'eau glycolée du puits hydraulique	W/K
C_{PH}	rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux fluides de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-
$\theta_{\text{air,out\_batt\_ch}}$ $\theta_{\text{air,out\_batt\_fr}}$	Température d'air en sortie de la batterie eau/air dans les conditions nominales de débits et de températures d'entrée d'air/d'eau	°C
$\varepsilon_{\text{batt\_PH\_ch}}$ $\varepsilon_{\text{batt\_PH\_fr}}$	Efficacité de la batterie eau-air du puits hydraulique calculée à l'aide des puissances de batterie, en mode préchauffage ou pré-refroidissement de l'air	Réel (0-1)
$q_{m-AN-hiv}$ $q_{m-AN-ete}$	Débit massique d'air neuf de référence de la centrale lors de l'activation du puits hydraulique, en saison de chauffe et hors saison de chauffe	kg/s
$\varepsilon_{\text{batt-PH}}(h)$	Efficacité de la batterie eau-air du puits hydraulique calculée à l'aide des au pas de temps h	Réel (0-1)

Sorties

Nom	Description	Unité
$q_{\text{spec\_repris}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe	m³/h
$q_{\text{spec\_souffle}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe	m³/h
$T_{\text{air\_souffle}}^{g,s}$	Température de l'air soufflé dans le groupe (en provenance de l'extérieur ou d'autres groupes)	°C
$\omega_{\text{air\_souffle}}^{g,s}$	Humidité de l'air soufflé dans le groupe (en provenance de l'extérieur)	g/kgas
C_{vent}	Consommation des ventilateurs de la zone	W
C_{vent}^g	Consommation des ventilateurs du groupe g, part du ventilateur du puits climatique comprise le cas échéant.	W
$\theta_{i,fin}^s$	température moyenne des groupes connectés à la CTA	°C

I_{saison}^S	Indicateur de saison vu de la centrale	-
$Q_{\text{air\_extrait}}$	Débit d'air rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s
$T_{\text{air\_extrait}}$	Température de l'air rejeté par la centrale, température utilisée pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	°C
$\rho_{\text{air\_soufflé}}^S$	Masse volumique de l'air soufflé dans les groupes	kg/m ³
H_{vent}	déperditions par la ventilation	W/K
$\theta_{\text{out\_gl}}^{\text{echangeur}}$	Température de l'eau glycolée en sortie de l'échangeur (entrée puits hydraulique)	°C

Tableau 64 : Nomenclature du modèle

6.5.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

On décrit successivement le calcul des consommations de ventilateur, des températures et des humidités.

6.5.3.1 Conditions sur les paramètres

6.5.3.1.1 Raccordement au puits climatique ou hydraulique

Une centrale de ventilation ne peut pas être reliée simultanément à un puits climatique et un puits hydraulique :

Si $Id_{puits\_climatique} > 0$ et $Id_{puits\_hydraulique} > 0$, alors, on lève l'exception suivante :

« Exception : la centrale de ventilation ne peut pas être reliée simultanément à un puits climatique et un puits hydraulique. »

6.5.3.1.2 Calcul préalable à la simulation

6.5.3.1.2.1 Prétraitement relatif au puits hydraulique

En préalable à la simulation, **si $Type\_eff\_echangeur\_PH = 1$** , on calcule l'efficacité de la batterie eau/air du puits hydraulique à partir des puissances thermiques déclarées.

Pour le fonctionnement du puits hydraulique en préchauffage de l'air neuf :

Le débit d'air neuf de référence est le débit d'air neuf nominal en occupation en intégrant les fuites des conduits :

$$q_{m-AN-hiv} = \sum_g q_{souf, cond}^{g,S} \cdot \rho_{ref} \quad (628)$$

Dans tous les cas

$$\theta_{air-out-batt\_ch} = -10^\circ C + \frac{1000 \cdot P_{ch}}{Cp_{air} \cdot q_{m-AN-hiv}} \quad (629)$$

$$\varepsilon_{batt\_PH\_ch} = \frac{\theta_{air-out-batt\_ch} - (-10^\circ C)}{10^\circ C - (-10^\circ C)} \quad (630)$$

Pour le fonctionnement du puits hydraulique en prérefroidissement de l'air neuf :

Si la centrale dispose d'une fonction de surventilation d'été synchronisée avec le fonctionnement du puits hydraulique ($Type\_Surventilation\_PH = 1$), alors le débit d'air neuf de référence est le débit de surventilation :

$$q_{m-AN-ete} = q_{m\_sou\_rafnoc\_cond} \quad (631)$$

Sinon, ($Type\_Surventilation\_PH = 0$), il s'agit du débit d'air neuf en occupation :

$$q_{m-AN-ete} = \sum_g q_{souf, cond}^{g,S} \cdot \rho_{ref} \quad (632)$$

On en déduit l'efficacité de la batterie :

$$\theta_{air-out-batt\_fr} = 30^\circ C - \frac{1000 \cdot P_{fr}}{Cp_{air} \cdot q_{m-AN-ete}} \quad (633)$$

$$\varepsilon_{batt\_PH\_fr} = \frac{30^\circ C - \theta_{air-out-batt\_fr}}{30^\circ C - 10^\circ C} \quad (634)$$

Si $\varepsilon_{batt\_PH\_ch}$ ou $\varepsilon_{batt\_PH\_fr}$ sont supérieurs à 1 à l'issue de ce calcul, un message d'erreur est renvoyé à l'utilisateur pour lui signaler que les puissances de batteries eau/air saisies sont supérieures à la puissance maximale physiquement admissible au débit de ventilation renseigné.

Au contraire, **si $Type\_eff\_echangeur\_PH = 0$** , on attribue la valeur par défaut $\varepsilon_{batt\_PH\_default}$ (0,65) à l'efficacité

de la batterie air/eau du puits hydraulique, comme suit :

$$\varepsilon_{batt\_PH\_ch} = \varepsilon_{batt\_PH\_fr} = \varepsilon_{batt\_PH\_défaut} \quad (635)$$

6.5.3.2 Définition des puissances des ventilateurs

6.5.3.2.1 En non résidentiel

Ventilation Mécanique Simple flux par extraction

$$Isouf = 0$$

$$\text{Si Ivent} = \text{vrai} \quad P_{vent} = P_{ventocc} \quad (636)$$

$$\text{Si Ivent} = \text{faux} \quad P_{vent} = P_{ventinocc} \quad (637)$$

Ventilation Mécanique Simple flux par insufflation

$$Isouf = 1$$

$$\text{Si Ivent} = \text{vrai} \quad P_{vent} = P_{ventocc} \quad (638)$$

$$\text{Si Ivent} = \text{faux} \quad P_{vent} = P_{ventinocc} \quad (639)$$

6.5.3.2.2 En résidentiel, quel que soit Ivent

$$Dugd_{equ} = \max(Dugd^s; \text{ sur l'ensemble des bouches du systeme}) \quad (640)$$

Ventilation Mécanique Simple flux par extraction

$$Isouf = 0 \text{ et quel que soit Ivent}$$

$$P_{vent} = \frac{P_{ventpointe} \times Dugd_{equ} + P_{ventbase} \times (168 - Dugd_{equ})}{168} \quad (641)$$

En résidentiel et en non résidentiel, la répartition par groupe est définie comme suit :

$$P_{vent}^g = \frac{P_{vent} \times q_{spec\_repris}^{g,s}}{\sum_s (q_{spec\_repris}^{g,s})} \quad (642)$$

Ventilation Mécanique Simple flux par insufflation

$$Isouf = 1 \text{ et quel que soit Ivent}$$

$$P_{vent} = \frac{P_{ventpointe} \times Dugd_{equ} + P_{ventbase} \times (168 - Dugd_{equ})}{168} \quad (643)$$

En résidentiel et en non résidentiel, la répartition par groupe est définie comme suit :

$$P_{vent}^g = \frac{P_{vent} \times q_{spec\_soufflé}^{g,s}}{\sum_s (q_{spec\_soufflé}^{g,s})} \quad (644)$$

6.5.3.3 Calcul des consommations électriques de ventilateur

La consommation (Wh) consiste à sommer les puissances (en Watt) qui sont évaluées à chaque heure.

$$C_{vent} = P_{vent} \quad (645)$$

La consommation est définie par groupe de la façon suivante :

$$C_{vent}^g = P_{vent}^g \quad (646)$$

6.5.3.4 Calcul des températures de l'air

6.5.3.4.1 Simple flux par extraction : Températures à l'extraction

Température après impact des pertes de conduit :

$$T_{extr1}^{g,s} = \theta_{i,cond} - (\theta_{i,cond} - T_{Lnc}) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times \left(\text{abs}(\rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s}) \right)} \right) \right) \quad (647)$$

Avec :

$$\theta_{i,cond} = \frac{q_{spec\_repris}^{g,s} * \theta_{i,fin}^g + (q_{rep,cond}^{g,s} - q_{spec\_repris}^{g,s}) * T_{Lnc}}{q_{rep,cond}^{g,s}} \quad (648)$$

$$T_{Lnc} = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin} + b \times \theta_{ext} \quad (649)$$

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}}{R_{rep}^{g,s} + 0.02} \quad (650)$$

$$A_{cond,rep,ext} = (1 - \text{Ratfuitevc}) \times A_{cond,rep}^{g,s} \quad (651)$$

Afin de prévoir le cas où plusieurs conduits d'extraction sont reliés au groupe d'extraction du système de ventilation S, on définit :

$$T_{extr1}^s = \frac{\sum_g (T_{extr1}^{g,s} \times \rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s})}{\sum_g (\rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s})} \quad (652)$$

Température après impact du ventilateur d'extraction :

$$T_{extr2}^s = T_{extr1}^s + \frac{3600 \times pel \times P_{vent,rep}}{C_{pa} \times \text{abs}(\sum_g (\rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s}))} \quad (653)$$

Débit et température de l'air extrait, utilisés pour les machines thermodynamiques sur l'air extrait.

$$T_{air\_extrait} = T_{extr2}^s \quad (654)$$

$$q_{m,air\_extrait}^s = 3600^{-1} \times \sum \rho_{i,g,prev}^{g,s} \times q_{rep,cond}^{g,s} \quad (655)$$

$$H_{vent} = q_{m,air\_extrait}^s \times C_{pa}$$

6.5.3.4.2 Simple flux par insufflation : Température de l'air soufflé

La masse volumique de l'air intérieur est la suivante :

$$\rho_{i,fin}^g (h - 1) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{i,fin}^g (h - 1))} \quad (656)$$

La température d'air neuf dépend de la présence d'un système de puits hydraulique ou climatique en amont de la centrale :

- Si $I_{climatique}=0$ et $I_{hydraulique}=0$, absence de puits climatique ou hydraulique :

$$\theta_{an}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (657)$$

- Si $I_{climatique}>0$ vrai, présence d'un puits climatique :

Dans ce cas, la température d'air neuf est égale à la température de sortie du puits climatique, avec les débits d'air neuf calculés à la fin du pas de temps précédent:

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{airout}^{pc}(h) \quad (658)$$

- Si $I_{hydraulique}>0$ vrai, présence d'un puits hydraulique :

A l'issue du calcul de la température de sortie d'eau du puits hydraulique avec les débits d'air neuf calculés à la fin du pas de temps précédent (voir C_Ven_Puits hydraulique), on calcule la température d'air neuf corrigée suite au passage de l'air dans la batterie eau-air.

Si $Q_{PH}(h)>0$, alors le puits hydraulique est en fonctionnement et l'air entrant passe par la batterie eau-air. La température d'air en sortie du puits hydraulique est la suivante :

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{ext}(h) + \varepsilon_{batt-PH}(h-1) \cdot (\theta_{eau-out}^{PH}(h) - \theta_{ext}(h)) \quad (659)$$

Avec,

$$\text{En saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) = 1): \varepsilon_{batt-PH}(h-1) = \varepsilon_{batt-PH-ch} \quad (660)$$

$$\text{Hors saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) < 1): \varepsilon_{batt-PH}(h-1) = \varepsilon_{batt-PH-fr}$$

Sinon

$$\theta_{an}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (661)$$

La masse volumique de l'air neuf s'écrit :

$$\rho_{an}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{an}(h))} \quad (662)$$

En présence d'un puits hydraulique, la puissance de la pompe de ce dernier $W_{elec}^{PH,S}$ est transmise.

Température après impact du ventilateur de soufflage :

$$T_{sou1}^s = T_{AN}^s + \frac{3600 \times pel \times Pvent}{C_{pa} \times abs \left(\sum \left(\rho_{air\_souffle,prev}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right) \right)} \quad (663)$$

La température après impact des pertes du réseau de soufflage situé hors volume chauffé

$$T_{sou2}^{g,s} = T_{sou1}^s - (T_{sou1}^s - T_{Lnc}) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times \rho_{air\_souffle,prev}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s}} \right) \right) \quad (664)$$

Avec

$$T_{Lnc} = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin} + b \times \theta_{ext} \quad (665)$$

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,souf,ext}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0.02} \quad (666)$$

$$A_{cond,souf,ext} = (1 - Ratfuitevc) \times A_{cond,souf}^{g,s} \quad (667)$$

La température de l'air soufflé dans le groupe par le système S est définie comme suit :

$$T_{air\_soufflé}^{g,s} = T_{sou2}^{g,s} \quad (668)$$

L'humidité de l'air soufflé est :

$$\omega_{air\_soufflé}^{g,s} = \omega_{e,ext} \quad (669)$$

Masse volumique de l'air soufflé

$$\rho_{air\_souffle}^{g,s} = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + T_{air\_souffle}^{g,s})} \quad (670)$$

La température intérieure moyenne des groupes connectés et vue de la centrale d'insufflation pour la gestion du puits climatique est déterminée de la façon suivante :

$$\theta_{i,fin}^s = \frac{\sum_g^{zone} \left(\theta_{i,fin}^{g,s} \times \rho_{air\_souffle}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right)}{\sum_g^{zone} \left(\rho_{air\_souffle}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right)} \quad (671)$$

$$H_{vent} = C_{pa} \times abs \left(\sum \left(\rho_{air\_souffle}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right) \right) \quad (672)$$

6.6 C_VEN_Ventilation naturelle et hybride par conduits

6.6.1 INTRODUCTION ET DEFINITION

Cette fiche algorithme décrit les deux systèmes de ventilation suivant :

- Le système de ventilation naturelle par conduits,
- Le système de ventilation hybride.

Ces dispositifs ne s'appliquent qu'aux usages de maison individuelle ou accolée et de logements collectifs.

Ventilation naturelle par conduit : c'est un système qui permet de ventiler naturellement (*tirage thermique et effets du vent*) un logement par des conduits individuels seuls ou des conduits individuels raccordés à des conduits collectifs.

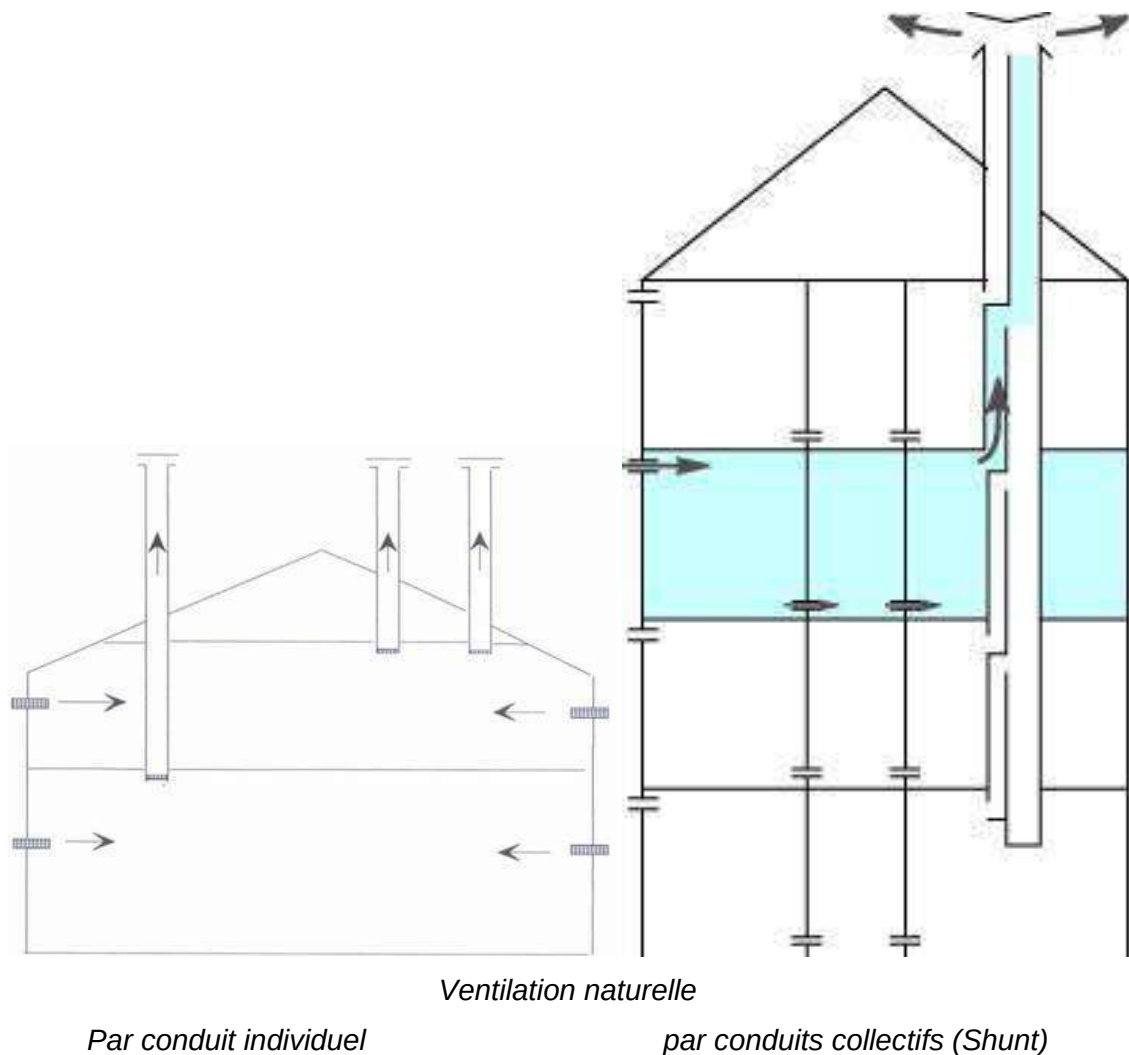


Figure 76 Schématisation de système de ventilation naturelle par conduit

Ventilation hybride : la ventilation hybride est un système qui bascule d'un mode mécanique à un mode naturel et inversement. Le dispositif mécanique permet ainsi de suppléer aux faiblesses éventuelles du tirage thermique et des effets du vent (tirage naturel).

6.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 65 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul des débits de ventilation spécifique pour le calcul du Bbio.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, j le jour de simulation, s la semaine de simulation et m le mois au sens de la décomposition faite pour les scénarios.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
Environnement extérieur	$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h .	h			
	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h .	°C			
	$\omega_{ext}(h)$	Poids d'eau dans l'air extérieur au pas de temps h	kg/kg as			
	$\rho_{ext}(h)$	Masse volumique de l'air extérieur au pas de temps h .	kg/m ³			
	$v_{vent,c}(h)$	Vitesse du vent issue des fichiers météorologiques	m/s			
	$i_{occ,vent}(h)$	Indicateur d'occupation de la zone au sens de la ventilation.	Bool			
Résultats au pas de temps précédent	$Saison_{pro}(j)$	Indicateur de la saison	Ent			
	$\theta_{i,fin}(h-1)$	Température de l'air intérieur du groupe gr associé au système à la fin du pas de temps précédent	°C			
	$\rho_{i,fin}(h-1)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr associé au système à la fin du pas de temps h .	kg/m ³			
	$P_{ib}(h-1)$	Pression différentielle intérieure moyenne au niveau du sol calculée sur le pas de temps précédent, pour la zone considérée.	Pa			
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
Zone	id_{usage}	Usage de la zone considérée.	Entier	0	$+\infty$	
	$\delta_{permea\_verticale}$	Indicateur de transferts d'air verticaux à l'intérieur de la zone (perméabilité verticale, voir définition dans fiche « <i>C_Bat_Débits d'air en Cep</i> »). <i>0 : pas de transferts verticaux entre niveaux</i> <i>1 : transferts verticaux possibles entre niveaux</i>	Bool	0	1	-
	h_{zone}	Hauteur du plancher de la zone par rapport au sol	m	0	$+\infty$	-
	N_{id}	Nombre d'ensembles bouche équivalente/conduit/extracteur identiques	-	1	$+\infty$	

Bouche fixe	A_{sect_base}	Section de base de la bouche d'extraction.	cm ²	0	$+\infty$	-
	A_{sect_pointe}	Section de pointe de la bouche d'extraction.	cm ²	0	$+\infty$	-
Bouche auto.	$[dP_{1,...}, dP_{6,}]$	Conditions de mesures de la bouche d'extraction autoréglable (pressions de référence).	Pa	0	$+\infty$	-
	$[Q_{v1,...}, Q_{v6,}]$	Résultats de mesures de la bouche d'extraction autoréglable.	m ³ /h	0	$+\infty$	-
Propriétés du conduit	A_{cond}	Surface de l'enveloppe du conduit pour le calcul des fuites.	m ²	0	$+\infty$	-
	Per_{cond}	Périmètre du conduit de ventilation naturelle.	m	0	$+\infty$	-
	h_{cond}	Hauteur équivalent du conduit de ventilation naturelle.	m	0	$+\infty$	-
	h_{mot}	Hauteur de tirage thermique du conduit de ventilation naturelle.	m	0	$+\infty$	-
	$Rat_{fuitevc}$	Ratio des fuites en volume chauffé du réseau de ventilation.	0	1	-	-
	K_{res}	Coefficient de fuite de réseau de ventilation (sous 1 Pa)	m ³ /(s. m ²)	0	$+\infty$	-
	dP_{ref}	Pression de référence dans le conduit pour le calcul des fuites	Pa	0	$+\infty$	20
	R_{rep}	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors volume chauffé.	m ² K/W	0	$+\infty$	-
	C_{rdbnr}	Coefficient de réduction des débits	Réel	0	1	1
	C_{dep}	Coefficient de dépassement	Réel	0	1.5	-
Ventilation hybride	$Dugd$	Durée d'Utilisation du grand débit exprimée en h/semaine	h	0	$+\infty$	-
	$q_{spec,rep,conv\_pointe}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en pointe en résidentiel	m ³ /h	0	$+\infty$	-
	$q_{spec,rep,conv\_base}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en base en résidentiel	m ³ /h	0	$+\infty$	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{type_vent}	Type de ventilation : 1 : Ventilation naturelle par conduit, 2 : Ventilation hybride (naturelle assistée).	-	1	2	-
id_{type_bouche}	Type de bouche d'extraction. 1 : bouche fixe, 2 : bouche autoréglable.	-	1	2	-
λ_{cond}	Coefficient de pertes de charge du conduit sur sa partie droite.	-	0	$+\infty$	0.05

Extrat. statique	χ_{coud}	Coefficient de pertes de charge du coude équivalent représentant les confluences du réseau.	-	0	$+\infty$	1.15
	$[V_{cond,s,j}]_{j=1 \text{ à } 8}$	Tableau des valeurs de vitesse d'air dans le conduit pour lesquelles sont défini les C_{extr} (8 valeurs).	-	$-\infty$	$+\infty$	-
	$[C_{extr,j}]_{j=1 \text{ à } 8}$	Tableau des valeurs de coefficient de dépression pour un vent horizontal de vitesse $V_{vent,réf}$ en fonction de la vitesse d'air dans le conduit (8 valeurs).	-	$-\infty$	$+\infty$	-
	$V_{vent,réf}$	Vitesse de vent de référence pour la caractéristique de l'extracteur statique.	m/s	0	$+\infty$	8
	ξ_{extr}	Coefficient de perte de charge singulière de l'extracteur statique.	-	0	$+\infty$	-
	$\theta_{ext,lim,hyb}$	Seuil de température pour le basculement du système de ventilation naturelle hybride en mode mécanique	°C	-40	$+\infty$	-
Ventilation hybride	$V_{vent,c,lim,hyb}$	Seuil de vitesse de vent pour le basculement du système de ventilation naturelle hybride en mode mécanique	m/s	0	$+\infty$	-
	$[h_{gd,1,deb}, h_{gd,1,fin}, h_{gd,2deb}, h_{gd,2,fin}]$	Horaires fixe (par rapport à h_{leg}) d'activation de l'assistance mécanique (voir Tableau 67).	h	1	24	
	$[V_{vent,reg,k}]_{k=1 \text{ à } 10}$	Vecteur des vitesses de vent prises en compte pour les basculements entre régimes de fonctionnement.	m/s	0	$+\infty$	-
	$[\theta_{ext,reg,l}]_{l=1 \text{ à } 10}$	Vecteur des températures extérieures prises en compte pour les basculements entre régimes de fonctionnement.	m/s	0	$+\infty$	-
	$[P_{vent,k,l}]_{k=1 \text{ à } 10, l=1 \text{ à } 10}$	Matrice des puissances de ventilateur de l'assistance mécanique pour le couple $[\theta_{ext}; V_{vent,c}]$ considéré.	W	0	$+\infty$	-
	$P_{vent,pointe}$	Puissances de ventilateur de l'assistance mécanique en période de pointe.	W	0	$+\infty$	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
$A_{boucheeq}$	Section totale de l'ensemble des bouches d'extractions associées au système de ventilation naturelle par conduits.	m ²
$A_{section,cond}$	Aire de la section du conduit.	m ²
D_{cond}	Diamètre du conduit de reprise relié à l'extracteur.	m

Modélisation de l'extracteur statique	$A_{cond,rep,ext}$	Surface des conduits de reprise donnant sur l'extérieur	m^2
	$H_{cond,rep,ext}$	Conductivité thermique du conduit de reprise	W/K
	$V_{cond,s}$	Vitesse de l'air dans le conduit.	m/s
	$V_{cond,s,corr}$	Vitesse de l'air dans le conduit corrigé en fonction de la vitesse de vent au pas de temps h , pour la modélisation de l'extracteur.	m/s
	$V_{cond,s\_lim1}(h)$	Vitesse d'air limite 1 dans le conduit pour la modélisation de l'extracteur statique (voir paragraphe associé).	m/s
	$V_{cond,s\_lim2}(h)$	Vitesse d'air limite 2 dans le conduit pour la modélisation de l'extracteur statique (voir paragraphe associé).	m/s
	$C_{extr\_lim1}(h)$	Coefficient de dépression au niveau de l'extracteur pour une vitesse $V_{cond,s\_lim1}(h)$.	-
	$dP_{extr\_lim1}(h)$	Dépression au niveau de l'extracteur pour une vitesse $V_{cond,s\_lim1}(h)$.	Pa
	$dP_{extr\_lim2}(h)$	Dépression au niveau de l'extracteur pour une vitesse $V_{cond,s\_lim2}(h)$.	Pa
	C_{extr}	Coefficient de dépression de l'extracteur statique interpolé à partir de la vitesse de vent réelle et de la vitesse dans le conduit.	-
Bilan des pertes de charge du réseau	$dP_{bouche}(h)$	Pertes de charge associées à la bouche d'extraction équivalente associée au conduit.	Pa
	$dP_{cond}(h)$	Pertes de charge du conduit de ventilation naturelle.	Pa
	$dP_{coud}(h)$	Pertes de charge des confluences du conduit de ventilation naturelle, modélisées par un coude équivalent.	Pa
	$dP_{extr\_i}(h)$	Pertes de charge et effet moteur éventuel de l'extracteur statique.	Pa
	$dP_{mot}(h)$	Différence de pression associée au tirage thermique dans le conduit.	Pa
	$q_{v,fuites,dPref}$	Débit volumique de fuites du réseau à la pression dP_{ref} .	m^3/h
	$q_{v,bouches,dPref}$	Débit volumique à travers les bouches d'extraction à dP_{ref} .	m^3/h
	$[q_{v,fuites,dP1,...}, q_{v,fuites,dP6,}]$	Débits de fuites pour les différents points de mesure de la bouche autoréglable.	m^3/h
	$q_{v,bouches}(h)$	Débit volumique repris total au niveau des bouches, sans prise en compte des fuites du réseau.	m^3/h
	$q_{v,cond}(h)$	Débit volumique repris total avec prise en compte des fuites du réseau.	m^3/h
	$q_{v,rep,uities}(h)$	Débit volumique repris au travers des fuites de réseau.	m^3/h
	$q_{rep,dep}(h)$	Débit repris tenant du coefficient de dépassement de la bouche équivalente.	m^3/h
	$q_{v,sou,fuites}(h)$	Débit volumique soufflé au travers des fuites de réseau.	m^3/h

$q_{sou,dep}(h)$	Débit soufflé tenant du coefficient de dépassement de la bouche équivalente.	m ³ /h
$\theta_{et}(h)$	Température des espaces tampons prise en compte pour les déperditions du réseau hors volume chauffé.	°C

Sorties

Nom	Description	Unité
$q_{v,spec,rep}(h)$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe pour le système de ventilation naturelle.	m ³ /h
$T_{extr1}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit, au niveau de l'extracteur.	°C
$C_{vent}(h)$	Consommation du ou des ventilateurs pour le groupe.	Wh
$q_{v,spec,souf}(h)$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe pour le système de ventilation naturelle en refoulement.	m ³ /h
$T_{air\_soufflé}(h)$	Température de l'air soufflé dans le groupe en refoulement (en provenance de l'extérieur)	°C
$\omega_{air\_soufflé}(h)$	Humidité de l'air soufflé dans le groupe en refoulement (en provenance de l'extérieur)	kg/kgas

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C_d	Coefficient de décharge.	Réel	0,68
g	Accélération de la pesanteur.	m.s ⁻²	9,81

Tableau 65 : Nomenclature du modèle

6.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Du point de vue de l'organisation des calculs, les systèmes de ventilation naturelle par conduits (ou hybrides) sont pris en compte comme un système de ventilation standard :

- dans un premier temps, la méthode prévoit un calcul du débit total dans les conduits du système, ainsi que les propriétés de l'air extrait, sur la base de la pression intérieure (P_{ib}) calculée sur l'heure précédente. A ce titre, la présente fiche se substitue à la fiche *C_Ven_Bouche et conduit*.
- dans un second temps, ce débit moyen approché est considéré fixe dans le bilan aéraulique, permettant d'aboutir à la pression intérieure au pas de temps actuel.

Dans le cas de la ventilation hybride, on intègre également un calcul de la consommation des ventilateurs, sur la base d'une gestion en fonction de la température extérieure et de la vitesse de vent.

Les systèmes de ventilation naturelle par conduits et de ventilation hybride tels que décrits dans la présente fiche ne s'appliquent qu'aux usages de maison individuelle ou accolée et de logements collectifs.

Les hypothèses retenues sont les suivantes:

- dans le cas d'un conduit Shunt, on modélise un conduit équivalent d'une hauteur égale à la différence d'altitude entre le débouché et la moyenne des hauteurs des bouches raccordées.
- dans le cas de conduits unitaires, chaque conduit est modélisé sur la base de ses vrais caractéristiques.
- si plusieurs bouches d'extraction sont connectées à un même conduit, on décrit une bouche équivalente dont les caractéristiques de dimensionnement sont calculées sur la base de la somme de toutes les bouches raccordées,
- chaque conduit dispose de son propre extracteur.

6.6.3.1 Calcul du débit dans le conduit en ventilation naturelle

Le débit dans un conduit $q_{v,cond}(h)$ est obtenu par résolution d'un bilan aéraulique de la conduite de ventilation naturelle depuis l'intérieur du logement jusqu'à l'extérieur. Il peut être positif (situation normale, extraction) ou négatif (refoulement dans le conduit).

Ainsi, dans un premier temps, on exprime chacun des termes suivants en fonction du débit volumique dans la conduite de ventilation naturelle $q_{v,cond}(h)$:

- la perte de charge des bouches d'extraction, dP_{bouche} , en prenant en compte le débit total incluant les fuites des conduits,
- la perte de charge du conduit, dP_{cond} ,
- les pertes de charge aux confluences, dP_{coud} , conventionnellement représentées par un coude de coefficient de perte de charge, χ_{coud} (adimensionnel).
- la perte de charge et l'effet moteur éventuel statique des dispositifs de couronnement dP_{extr} ,
- l'effet moteur associé au tirage thermique dans la conduite dP_{mot} , fonction de h_{mot} , différence d'altitude entre le point de référence pour le calcul de P_{ib} et le débouché de conduit.

Dans un second temps, on résout numériquement l'équation :

$$F(q_{v,cond}) = dP_{extr,s} + dP_{cond} + dP_{coude} + dP_{bouche} - dP_{mot} = 0 \quad (673)$$

6.6.3.1.1 Bouches d'extraction fixe: id_{type_bouche} = 1

Dans le cas d'une bouche d'extraction fixe, il convient de renseigner les sections en base et en pointe en cm² (les sections seront converties en m² pour le logiciel).

$$A_{boucheeq} = 0.0001 \times \frac{Dugd \times (A_{sect\_pointe}) + (168 - Dugd) \times (A_{sect\_base})}{168} \quad (674)$$

Dans la pratique, ces caractéristiques sont souvent définies en grand débit et en petit débit. Pour passer du petit débit au grand débit, on utilise un dispositif permettant d'agrandir les sections des bouches.

On considère que la pression de référence pour le calcul du débit par les bouches et par les fuites est la même :

$$q_{v,fuites,dPref} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{ref}^{0.667} \quad (675)$$

$$q_{v,bouche,dPref} = 3600 \times C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \times dP_{ref} \right)^{0.5} \quad (676)$$

Note : cette dernière équation est issue de l'application du théorème de Bernoulli à la bouche d'extraction.

A un débit dans le conduit donné, on réalise un calcul approché de la différence de pression au niveau de la bouche, en considérant que l'ensemble bouche et fuites se comportent selon la loi de la bouche :

$$dP_{bouche} = dP_{ref} \times \frac{q_{v,cond} \times ABS(q_{v,cond})}{(q_{v,bouche,dPref} + q_{v,fuites,dPref})^2} \quad (677)$$

6.6.3.1.2 Bouche d'extraction autoréglable: id_{type_bouche} = 2

Dans le cas de bouches d'extraction autoréglable, on se conformera à la courbe caractéristique définie suivant la norme EN 13141-2 sous une différence de pression de référence dP_n . Les valeurs de débit moyen (m³/h) sont évaluées pour les points 1 à 6 d'échantillonnage de dP_{bouche} , afin de couvrir la gamme opérationnelle du dispositif comme indiquée par le fabricant.

Par conséquent, les valeurs à renseigner prennent la forme du tableau suivant :

Mesure (indice j)		1	2	3	4	5	6
dP (Pa)	$dP_0=0$	dP_1	dP_2	dP_3	dP_4	dP_5	$dP_6=$ dP_{max}
Débit moyen (m ³ /h)	$q_{v0}=0$	q_{v1}	q_{v2}	q_{v3}	q_{v4}	q_{v5}	$q_{v6} =$ $q_{v,max}$

Tableau 66 : Courbe caractéristiques d'une bouche autoréglable

A partir de ce tableau de caractéristiques, il est possible d'exprimer la différence de pression dP_{bouche} en fonction du débit $q_{v,cond}$, via l'algorithme suivant.

On définit également pour chaque valeur de dP (chaque indice j), un débit de fuite correspondant :

$$q_{v, fuites, dPj} = 3600 \times K_{res} \times A_{cond} \times dP_j^{0.667} \quad (678)$$

Si $q_{v, cond} > q_{v, max} + q_{v, fuites, dP6}$, alors,

$$q_{v, fuites, d Pref} = q_{v, fuites, dP6}$$

$$dP_{bouche} = dP_{max} \times \left(\frac{q_{v, cond}}{q_{v, max} + q_{v, fuites, d Pref}} \right)^2 \quad (679)$$

Sinon, si $q_{v, cond} \leq q_{v, 0}$, alors, (*refoulement*)

$$q_{v, fuites, d Pref} = q_{v, fuites, dP1}$$

$$dP_{bouche} = -dP_1 \times \left(\frac{q_{v, cond}}{q_{v, 1} + q_{v, fuites, d Pref}} \right)^2 \quad (680)$$

Sinon, (cas $q_{v, 0} < q_{v, cond} < q_{v, max}$, on interpole linéairement entre les valeurs de débits)

Si $q_{v, cond} \leq q_{v, 1} + q_{v, fuites, dP1}$, alors,

$$q_{v, fuites, d Pref} = q_{v, fuites, dP1}$$

$$dP_{bouche} = dP_1 \times \left(\frac{q_{v, cond}}{q_{v, 1} + q_{v, fuites, d Pref}} \right)^2 \quad (681)$$

Sinon,

Soit l'indice entier j correspondant aux colonnes du Tableau 66 :

j = 1

Tant que $q_{v, cond} > q_{v, j} + q_{v, fuites, dPj}$, faire,

j = j + 1 ;

Fin du « tant que »

(682)

$$dP_{bouche} = dP_{j-1} + \frac{dP_j - dP_{j-1}}{q_{v, j} + q_{v, fuites, dPj} - q_{v, j-1} - q_{v, fuites, dPj-1}} \times (q_{v, cond} - q_{v, j-1} - q_{v, fuites, dPj-1})$$

6.6.3.1.3 Pertes de charge du conduit

On considère que la température dans les conduits est toujours égale à la température d'air intérieur du groupe.

On définit pour chaque conduit un conduit équivalent de la façon suivante :

- Pour un conduit shunt, on retient le périmètre et la section réels du conduit Per_{cond} et $A_{section, cond}$. La hauteur équivalente h_{cond} doit être prise égale à la différence d'altitude entre le débouché et la moyenne des hauteurs entre la bouche d'extraction la plus haute et la bouche d'extraction la plus basse, plus la hauteur conventionnelle de la bouche par rapport au sol.
- Pour les conduits unitaires, on travaille conduit par conduit en fonction de leurs caractéristiques réelles.

Dans le cas de la **ventilation naturelle** par conduit et de la **ventilation hybride**, la surface du

conduit relié au groupe de ventilation s (extracteur) est définie comme suit :

$$A_{\text{section,cond}} = \frac{Per_{\text{cond}}^2}{4\pi} \quad (683)$$

Le diamètre du conduit est défini comme suit :

$$D_{\text{cond}} = \frac{4 \times A_{\text{section,cond}}}{Per_{\text{cond}}} \quad (684)$$

La vitesse de l'air dans le conduit est définie comme suit :

$$v_{\text{cond,s}} = \frac{q_{v,\text{rep,cond}}}{A_{\text{section,cond}} \times 3600} \quad (685)$$

Les pertes de charges linéaires du conduit sont aussi calculées :

$$dP_{\text{cond}} = 0.5 \times \lambda_{\text{cond}_i} \times \left(\frac{h_{\text{cond}}}{D_{\text{cond}}} \right) \times \rho_{\text{int}} \times v_{\text{cond,s}} \times \text{abs}(v_{\text{cond,s}}) \quad (686)$$

Les pertes de charges singulières du conduit :

$$dP_{\text{coude}} = 0.5 \times \chi_{\text{coude}} \times \rho_{\text{int}} \times v_{\text{cond,s}} \times \text{abs}(v_{\text{cond,s}}) \quad (687)$$

6.6.3.1.4 Prise en compte de l'extracteur

6.6.3.1.4.1 Caractérisation de l'extracteur

La prise en compte du comportement statique des extracteurs est réalisée par l'intermédiaire de la courbe caractéristique décrivant les valeurs du coefficient de dépression (C_{extr}), telle que décrite dans la norme EN 13141-5. La courbe est obtenue expérimentalement sous un vent de 8 m/s et pour différentes vitesses d'air dans le conduit, dans les conditions suivantes :

	Vent de référence =8 m/s							
Indice j	1	2	3	4	5	6	7	8
$v_{\text{cond,s},j}$	0 m/s	0,5 m/s	1 m/s	1,5 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s	8 m/s

Pour chacun des essais, une valeur $C_{\text{extr},j}$ est à renseigner.

Pour se placer dans les conditions de vent du pas de temps, on corrige la vitesse de conduite pour réaliser l'interpolation entre les valeurs du tableau :

$$v_{\text{cond,s,corr}} = v_{\text{cond,s}} \times \frac{v_{\text{vent}_\text{réf}}}{v_{\text{vent},c}(h)} \quad (688)$$

Ces coefficients ne sont valables que sur l'intervalle de vitesses dans le conduit prévu par la courbe. En dehors de cet intervalle, on utilise la courbe de modélisation de l'extracteur sans vent, basé sur le coefficient de pertes de charge singulière ξ_{extr} , lui aussi issu d'une procédure d'essai. Ceci est justifié par le fait que pour un ratio vitesse dans le conduit sur vitesse du vent élevé, l'effet du vent devient négligeable.

Les courbes monotones d'un extracteur sont présentées à titre illustratif sur le graphe suivant.

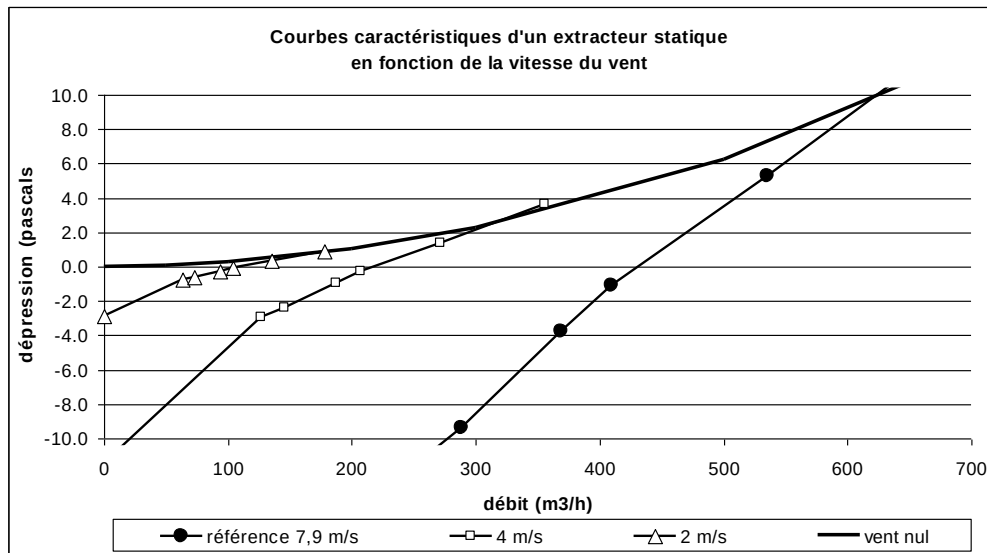


Figure 77: Exemple de profils de dépression de l'extracteur (en Pa) en fonction du débit dans le conduit, pour différentes vitesses de vent

On définit deux grandeurs v_{cond,s_lim1} et v_{cond,s_lim2} permettant le choix du modèle à utiliser, ainsi que les valeurs de pertes de charge dP_{extr} associées. Le calcul de ces valeurs n'est réalisé qu'en cas de vitesse de vent $v_{vent,c}(h)$ non-nulle.

Si $v_{vent,c}(h) > 0$, alors :

- v_{cond,s_lim1} correspond au dernier point d'essai de la courbe caractéristique :

$$v_{cond,s\_lim1}(h) = v_{cond,s,8} \times \frac{v_{vent\_réf}}{v_{vent,c}(h)} \quad (689)$$

$$C_{extr\_lim1}(h) = C_{extr,8} \quad (690)$$

$$dP_{extr\_lim1}(h) = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr\_lim1}(h) \cdot (v_{vent,c}(h))^2 \quad (691)$$

- v_{cond,s_lim2} est la valeur approchée de vitesse dans le conduit pour laquelle la dépression au niveau de l'extracteur calculée à partir du modèle sans vent dépasse celle calculée à partir de la courbe caractéristique pour le vent réel.

v_{cond,s_lim2} est déterminé à chaque pas de temps par l'algorithme suivant :

Soit un entier n initialisé à 2 à chaque pas de temps.

$$\text{Tant que } \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (n \cdot v_{cond,s\_lim1}(h))^2 < dP_{extr\_lim1}(h) \text{ et}$$

$n < 20$, faire,

$$n = n + 1 ;$$

Fin du tant que.

(692)

$$v_{cond,s\_lim2}(h) = n \cdot v_{cond,s\_lim1}(h)$$

$$dP_{extr\_lim2}(h) = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (v_{cond,s\_lim2}(h))^2$$

6.6.3.1.4.2 Expression de la dépression de l'extracteur en fonction de la vitesse dans le conduit

Soit la vitesse dans le conduit $v_{cond,s}$ calculée en équation (685) et la vitesse du vent au pas de temps h $v_{vent,c}(h)$. On distingue les cas suivants :

- Cas $v_{cond,s} \leq 0$ (refoulement) : on prend la valeur de C_{extr} correspondant à $v_{cond,s} = 0$

$$C_{extr} = C_{extr,1}$$

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr} \cdot v_{vent,c}(h)^2 \quad (693)$$

- Cas $v_{vent,c}(h) > 0$ et $0 < v_{cond,s} \leq v_{cond,s,lim1}(h)$

On se situe sur la plage de fonctionnement correspondant aux courbes caractéristiques des extracteurs, telles que définies dans la norme EN 13141-5.

On interpole entre les valeurs de $C_{extr,j}$:

Soit l'indice entier j correspondant aux colonnes du Tableau 66:

$j = 2$

Tant que $v_{cond,s,corr} > v_{cond,s,j}$, faire,

$j = j + 1$;

Fin du « tant que »

$$C_{extr} = C_{extr,j-1} + \frac{C_{extr,j} - C_{extr,j-1}}{v_{cond,s,j} - v_{cond,s,j-1}} \times (v_{cond,s,corr} - v_{cond,s,j-1}) \quad (694)$$

L'expression de dP_{extr} en fonction de la vitesse de vent est la suivante :

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr} \cdot v_{vent,c}(h)^2 \quad (695)$$

- Cas $v_{vent,c}(h) > 0$ et $v_{cond,s,lim1}(h) < v_{cond,s} \leq v_{cond,s,lim2}(h)$

On se situe sur la transition entre le modèle sans vent basé sur les pertes de charge singulière et le modèle de la courbe caractéristique.

On interpole entre les deux valeurs limites :

$$dP_{extr} = \left(\frac{v_{cond,s} - v_{cond,s,lim1}(h)}{v_{cond,s,lim2}(h) - v_{cond,s,lim1}(h)} \right) \cdot (dP_{extr,lim2}(h) - dP_{extr,lim1}(h)) + dP_{extr,lim1}(h) \quad (696)$$

- Cas $v_{vent,c}(h) > 0$ et $v_{cond,s}(h) > v_{cond,s,lim2}(h)$ ou $v_{vent,c}(h) = 0$ m/s ($\forall v_{cond,s} > 0$) :

On utilise le modèle sans vent basé sur les pertes de charge singulière :

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (v_{cond,s})^2 \quad (697)$$

6.6.3.1.5 Calcul du tirage thermique

Pour un conduit i donné, le tirage thermique est exprimé comme suit :

$$dP_{mot,s} = h_{mot,s} \times g \times (\rho_{ext}(h) - \rho_{int,fin}(h-1)) + P_{ib}(h-1) \quad (698)$$

Elle dépend donc de la différence de température intérieur/extérieur, de la hauteur de tirage thermique et de la pression dans la zone (dans le groupe donc).

La hauteur de tirage thermique est un paramètre pouvant faire l'objet d'une définition par défaut, en fonction de l'indicateur de transferts d'air entre niveaux de la zone $\delta_{permea\_verticale}$:

- $\delta_{permea\_verticale} = 0$: pour les zones dont les niveaux sont étanches entre eux, le calcul s'effectue conventionnellement à mi-hauteur de la zone. En considérant une différence d'altitude de 2 m entre la bouche et le sol, on retient par défaut :

$$h_{mot,s} = h_{cond,s} + 2 \text{ (m)} \quad (699)$$

- $\delta_{permea\_verticale} = 1$: pour les zones où les transferts d'air entre niveaux sont possibles et significatifs (hauteur de zone supérieure à 3m), la valeur par défaut est la suivante :

$$h_{mot,s} = h_{zone} + 2 \text{ (m)} \quad (700)$$

La sortie de toiture est supposée à 2 m au-dessus du plancher haut de la zone.

6.6.3.2 Calculs des débits repris (ou refoulés)

6.6.3.2.1 Ventilation naturelle

Comme il est possible d'avoir plusieurs conduits identiques, on définit alors le nombre de conduit identique par N_{id} . On identifie le débit repris par les bouches et le débit repris total (hors et dans le volume chauffé) en imposant que leur somme est égale au débit total dans le conduit $q_{v,cond}$.

Le débit $q_{v,cond}$ peut être positif (repris) ou négatif (soufflé). Selon le cas, on adapte le jeu de données de sortie.

Note : ci-dessous, les débits d'indice « *rep* » ou « *souf* » sont considérés du point de vue du groupe étudié, alors qu'on se plaçait du point de vue du conduit dans la résolution. Il y a donc inversion de signe.

Les coefficients C_{dep} et C_{rdbnr} sont déterminés selon les modalités de la fiche « *C_Ven_Bouche et conduit* ». On rappelle qu'en maison individuelle ou accolée et logements collectifs, C_{rdbnr} est conventionnellement égal à 1.

Cas $q_{v,cond} \geq 0$:

Le débit de fuites total pour l'ensemble de conduits identiques est défini comme suit :

$$q_{rep, fuites}(h) = - \frac{K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}}{C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \right)^{0.5} + K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}} \times N_{id} \times q_{v,cond} \quad (701)$$

Les débits aux bouches pour l'ensemble des conduits identiques, en tenant compte de la régulation et du coefficient de dépassement, sont définis comme suit :

$$q_{rep,dep}(h) = -C_{dep} \times C_{rdbnr} \times (N_{id} \times q_{v,cond} + q_{rep, fuites}(h)) \quad (702)$$

Les débits insufflés sont nuls :

$$\begin{aligned} q_{souf, fuites}(h) &= 0 \\ q_{souf,dep}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (703)$$

Cas $q_{v,cond} < 0$:

Dans ce cas, les débits insufflés sont

$$q_{souf, fuites}(h) = - \frac{K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}}{C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \right)^{0.5} + K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}} \times N_{id} \times q_{v,cond} \quad (704)$$

$$q_{souf,dep}(h) = -C_{dep} \times C_{rdbnr} \times (N_{id} \times q_{v,cond} + q_{souf, fuites}(h))$$

Les débits repris sont nuls :

$$\begin{aligned} q_{rep, fuites}(h) &= 0 \\ q_{rep,dep}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (705)$$

6.6.3.2.2 Ventilation hybride : prise en compte de l'assistance mécanique

Ce paragraphe décrit l'assistance mécanique des systèmes de ventilation hybride (naturelle assistée). Ce système ne s'applique qu'au secteur résidentiel.

On considère que le système peut fonctionner en naturel pur ou en mode mécanique.

Le passage d'un mode à l'autre s'effectue en fonction:

- de créneaux horaires fixes,
- des conditions météorologiques (vitesse de vent et température d'air extérieur).

Conventionnellement, on considère que les horaires d'utilisation du grand débit en cuisine sont les suivants :

D_{ugd}	id_{usage}	Horaires de passage en grands débits au sens de $h_{leg}(h)$
0 (pas de grand débit)	/	Non appliqué
>0	Maison Individuelle ou accolée	$h_{gd,1,deb}=11h$ à $h_{gd,1,fin}=12h$ $h_{gd,2,deb}=18h$ à $h_{gd,2,fin}=19h$
	Logement Collectif	$h_{gd,1,deb}=11h$ à $h_{gd,1,fin}=13h$ $h_{gd,2,deb}=18h$ à $h_{gd,2,fin}=20h$

Tableau 67 : Horaires d'utilisation du grand débit cuisine en ventilation hybride

En dehors de ces plages horaires, le débit de base est imposé par l'assistance mécanique lorsque :

- la vitesse de vent est inférieure à la vitesse de consigne $V_{vent,c,lim,hyb}$,
- la température d'air extérieur est supérieure à la température de consigne.

Le débit repris, s'appliquant en occupation et en inoccupation, est alors calculé comme celui d'un système mécanique simple flux standard.

Les coefficients C_{dep} et $Crdbnr$, ainsi que la durée D_{ugd} , sont déterminés selon les modalités de la fiche « $C_{Ven\_Bouche\ et\ conduit}$ ». On rappelle qu'en maison individuelle ou accolée et logements collectifs, $Crdbnr$ est conventionnellement égal à 1.

Au final l'algorithme est le suivant :

$$\text{Si } \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ \text{ou} \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases} \text{ ou } (v_{vent,c}(h) < v_{vent,c,lim,hyb} \text{ et } \theta_{ext}(h) > \theta_{ext,lim,hyb}),$$

alors,

$$\begin{aligned} q_{rep,dep}(h) &= -Cdep \times Crdbnr \times \frac{q_{spec,rep,conv\_pointe} \times Dugd + q_{spec,rep,conv\_base} \times (168 - Dugd)}{168} \\ q_{rep,fuites}(h) &= -N_{id} \times 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{ref}^{0.667} \\ \begin{cases} q_{souf,fuites}(h) = 0 \\ q_{souf,dep}(h) = 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (706)$$

Sinon,

On applique le calcul de débit en ventilation naturelle (voir 6.6.3.1 et 6.6.3.2.1).

Note : lorsque l'assistance mécanique est activée, les débits de fuites sont calculés sur la base du dP_{ref} (20Pa) correspondant à la basse pression.

6.6.3.2.3 Débit repris spécifique

Au final, que l'on soit en ventilation naturelle par conduit ou en assistance mécanique (ventilation hybride), on définit le débit repris spécifique (pour le calcul du P_{ib}) comme suit :

$$q_{v,spec,rep}(h) = q_{rep,dep}(h) + Rat_{fuitevc} \times q_{rep,fuites}(h) \quad (707)$$

Note : exceptionnellement ce débit noté repris, peut être positif, ce qui correspond à une situation de refoulement.

6.6.3.3 Calcul des consommations d'énergie des ventilateurs

L'assistance mécanique fonctionne suivant une matrice de régulation modulant la puissance du ventilateur en fonction du tirage naturel à compléter.

Il convient donc de connaître :

- les valeurs de températures extérieures (l valeurs) et de vitesses de vent (k valeurs) provoquant des basculements entre régimes de fonctionnement,
- les valeurs de puissance consommée par les ventilateurs d'assistance pour les différents couples de valeurs de températures extérieures et de vitesses de vent ($k \times l$ valeurs).
- la valeur de puissance pour les périodes de passage en débits de pointe.

A minima, $P_{vent,1,1}$, $\theta_{ext,lim,hyb}$ et $V_{vent,c,lim,hyb}$ doivent être définis.

Si plus d'un point de fonctionnement est défini, on vérifiera :

$$\begin{cases} \forall k, 0 \leq v_{vent,reg,k} \leq v_{vent,reg,k-1} \leq v_{vent,reg,1} < v_{vent,c,lim,hyb} \\ \forall l, \theta_{ext,reg,l} \geq \theta_{ext,reg,l-1} \geq \theta_{ext,reg,1} > \theta_{ext,lim,hyb} \end{cases}$$

On note k_{max} , la dimension du vecteur des $[v_{vent,reg,k}]$, et l_{max} , la dimension du vecteur des $[\theta_{ext,reg,l}]$. Le paramétrage est limité à $k_{max} < 10$ et $l_{max} < 10$.

Valeurs de températures extérieures de régulation						
Valeurs de vent pour la régulation						
	$\theta_{ext,reg,1}$	$\theta_{ext,reg,2}$	$\theta_{ext,reg,l-1}$	$\theta_{ext,reg,l}$	$\theta_{ext,reg,9}$	
$v_{vent,reg,1}$	$P_{vent,1,1}$	$P_{vent,1,2}$	...	$P_{vent,1,l}$	...	$P_{vent,1,10}$
$v_{vent,reg,2}$	$P_{vent,2,1}$	$P_{vent,2,2}$				
...	...		...			
$v_{vent,reg,k-1}$						
$v_{vent,reg,k}$	$P_{vent,k,1}$			$P_{vent,k,l}$		
...	...				...	...
$v_{vent,reg,9}$	$P_{vent,10,1}$				...	$P_{vent,10,10}$

Figure 78 : Format de la description mathématique du comportement de l'assistance mécanique : P_{vent} (W), en fonction des couples θ_{ext} (°C) et $v_{vent,c}$ (m/s)

Au final l'algorithme est le suivant :

$$Si \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ \text{ou} \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases}, \text{ alors, (passage en grand débit)}$$

$$C_{vent}(h) = P_{vent,pointe}$$

Sinon, si $v_{vent,c}(h) < v_{vent,c,lim,hyb}$ et $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,lim,hyb}$, alors, (besoin d'assistance mécanique)

Soit k et l des entiers correspondant aux indices décrits en figure 3,

$$k = 1$$

$$l = 1$$

Tant que $v_{vent,c}(h) < v_{vent,reg,k+1}$ et $k < k_{max}$, faire,

$$k = k + 1 ;$$

Fin du « tant que »

Tant que $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,reg,l+1}$ et $l < l_{max}$, faire,

$$l = l + 1 ;$$

Fin du « tant que »

$$C_{vent}(h) = P_{vent,k,l}$$

Sinon, (pas besoin d'assistance)

$$C_{vent}(h) = 0 \text{ (Wh)}$$

(708)

6.6.3.4 Calcul des températures

6.6.3.4.1 Calcul des températures dans le cas de l'extraction.

Température après impact pertes conduit :

$$T_{extr1}(h) = \theta_{i,g,fin}(h-1) - (\theta_{i,g,fin}(h-1) - \theta_{et}(h)) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cond,rep,ext}}{0.34 \times (abs(q_{v,cond}(h)))} \right) \right) \quad (709)$$

Avec

$$\theta_{et}(h) = (1-b) \times \theta_{i,g,fin}(h) + b \times \theta_{ext}(h) \quad (710)$$

$$H_{cond,rep,ext} = \frac{A_{cond,rep,ext}}{R + 0.02} \quad (711)$$

Et :

$$A_{cond,rep,ext} = (1 - Rat_{fuitevc}) \times A_{cond,rep} \quad (712)$$

6.6.3.4.2 Calcul des températures et des humidités spécifiques dans le cas du refoulement

En refoulement, on considère que l'air soufflé est à température et humidité spécifique extérieure.

$$T_{air\_souffle}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (713)$$

$$\omega_{air\_souffle}(h) = \omega_{ext}(h) \quad (714)$$

6.7 C_VEN_Ventilation_naturelle_par_ouverture_de_fenêtres

6.7.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit les systèmes de ventilation naturelle par ouverture de fenêtres. Elle décrit le calcul des débits d'air, de la température et de l'humidité de l'air.

La ventilation par ouverture des fenêtres est représentée à l'aide d'une fenêtre équivalente par groupe.

La ventilation par ouverture des fenêtres est traitée au niveau de chaque groupe qui en est équipé.

6.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 68 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul des débits de ventilation spécifique pour le calcul du Cep.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
I_{vent}	Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool				
$q_{spec\_souffle}^g$	Débit volumique spécifique soufflé	m³/h				
wext	Poids d'eau dans l'air extérieur au pas de temps h	kg/kgas				
θ_{ext}	Température extérieure au pas de temps h	°C				
T_{air_out}	Température en sortie de l'espace tampon	°C				
$I_{c\limatique}$	Indique si l'air neuf fourni par la fenêtre transite au préalable par un espace tampon	bool				
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	.
Paramètres intrinsèques						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	.
Constantes						
Nom	Description	Unité	Conv			
Variables internes						
Nom	Description	Unité				
T_{AN}^g	Température de l'air neuf vu par la fenêtre	°C	-∞	+∞	-	
Sorties						
Nom	Description	Unité				
$T_{air\_souffle}^g$	Température de l'air soufflé dans le groupe (en provenance de l'extérieur ou d'autres groupes)	°C				
$\omega_{air\_souffle}^g$	Humidité de l'air soufflé dans les groupes (sortie CTA)	kg/kgas				
$q_{spec\_souffle}^g$	Débit volumique spécifique soufflé	m³/h				

Tableau 68 : Nomenclature du modèle

6.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

6.7.3.1 Calcul de températures

Dans le cas où l'air neuf fourni par la fenêtre transite au préalable par un espace tampon on a $I_{c\ lim\ atique} = vrai$. Dans le cas contraire $I_{c\ lim\ atique} = Faux$.

Si $I_{c\ lim\ atique} = vrai$,

$$T_{AN}^g = T_{air\_out} \quad (715)$$

Si $I_{c\ lim\ atique} = Faux$,

$$T_{AN}^g = \theta_{ext} \quad (716)$$

La température de l'air fourni est donc :

$$T_{air\_soufflé}^g = T_{AN}^g \quad (717)$$

6.7.3.2 Calcul de Humidité

L'humidité de l'air neuf fourni au groupe par la fenêtre est défini comme suit :

$$\omega_{air\_soufflé}^g = \omega_{ext} \quad (718)$$

6.8 C_VEN_Puits climatique

6.8.1 INTRODUCTION

Le puits climatique (ou encore puits canadien ou provençal) est constitué d'un ensemble de conduits enterrés dans le sol dans lesquels circulent l'air neuf qui sera ensuite insufflé dans le bâtiment par le système de ventilation (nécessairement un système double-flux ou par insufflation).

Le puits climatique assure ainsi une fonction de préchauffage ou de prérafraîchissement de l'air neuf selon la période de l'année, dans la mesure où la température du sol est relativement stable par rapport à la température extérieure.

L'utilisation du puits climatique n'est pas forcément pertinente en permanence. Par conséquent, il est généralement prévu une fonction de bypass de ce dernier, contrôlée sur la base de ses températures d'air d'entrée (air extérieur) et éventuellement de sortie (air en entrée de la centrale de ventilation).

Dans le cas d'une association avec une centrale double-flux à récupération de chaleur, une fonction de bypass de l'échangeur thermique peut être prévue en fonction de la température en sortie de puits climatique et de la température extérieure (voir fiche *C_Ven_Ventilation_Mecanique_Double_Flux*), de manière à profiter au mieux du rafraîchissement.

En période d'hiver, la centrale de ventilation couplée au puits climatique est maintenue au débit hygiénique, pour minimiser les déperditions thermiques par l'air. Le débit appliqué dans le calcul est le débit d'air neuf calculé selon la fiche *C_Ven_Débits_d'air_(Cep)* de la méthode Th-BCE.

En période d'été, certaines centrales prévoient l'activation d'une fonction de surventilation d'été, synchronisée sur le fonctionnement du puits climatique. Dans ce cas, le débit appliqué dans le calcul est le débit de surventilation nocturne, tel qu'introduit dans le chapitre *C_Ven_Fonctions de rafraîchissement nocturne des systèmes de ventilation et des CTA* de la méthode Th-BCE. On réemploie ainsi les valeurs de débits de surventilation au niveau des composants bouche-conduits ($q_{spec,rep,rafnoc}$ et $q_{spec,souf,rafnoc}$), ainsi que les puissances de ventilateurs correspondantes saisies au niveau de la centrale de ventilation ($P_{vent,rafnoc,rep}$ et $P_{vent,rafnoc,souf}$).

A chaque pas de temps, la modélisation du puits climatique est séquentielle :

- On modélise tout d'abord le puits climatique en supposant qu'il est activé. On en déduit la température de l'air en sortie de celui-ci potentielle,
- On applique ensuite les conditions de fonctionnement de la gestion-régulation, dépendant de la température d'air neuf potentielle calculée plus haut.
- Enfin, selon l'état du puits climatique au pas de temps h , on calcule la température d'air préchauffée ou pré rafraîchie effective. Celle-ci est ensuite communiquée à la fiche centrale de ventilation (*C_Ven_Ventilation_Mecanique*) pour permettre sa modélisation.

Concernant la représentation de l'échange thermique entre le sol et l'air, le modèle est issu de la norme **NF EN 16798**. Il est basé sur une approche stationnaire et monodimensionnelle ainsi que sur les hypothèses suivantes :

- Le sol est considéré homogène et non perturbé par les échanges thermiques air/sol ;
- La température de la surface extérieure du conduit enterré est identique à celle du sol ;
- Le conduit enterré est considéré cylindrique, droit, et horizontal ;
- Les échanges latents sont négligés ;

- La température à la surface du sol est considérée égale à la température de l'air ambiant extérieur, avec un décalage horaire (pour tenir compte de l'inertie) ;
- Le sol est considéré comme une source thermique infinie.

Suivant ces hypothèses, le modèle retenu, permet de déterminer la température de l'air en sortie de l'échangeur géothermique.

6.8.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 69** donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unit é	Min	Max	Co nv	
$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieure	°C				
$q_{m,air\_neuf}^S(h)$	Débit massique d'air neuf en entrée du système de ventilation s connecté au puits climatique	kg/s				
$Aut, ch^S(j)$	Indicateur de saison de chauffage pour la centrale de ventilation S (oui / non)	Bool				
$Aut, fr^S(j)$	Indicateur de saison de refroidissement pour la centrale de ventilation S (oui / non)	Bool				
Sorties du composant						
Nom	Description	Unit é				
$\theta_{air-out}^{PC}(h)$	Température de l'air sortant du puits climatique	°C				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unit é				
n_d	Nombre de conduits	-	1	$+\infty$	-	
L	Longueur du conduit	m	0	$+\infty$	-	
d_i	Diamètre intérieur du conduit	m	0	$+\infty$	-	
e_p	Epaisseur du conduit	m	0	$+\infty$	-	
λ_{tube}	Conductivité thermique du conduit	W/m K	0	$+\infty$	-	
$type_{gest\_PC}$	Type de gestion du puits climatique :					
	0. Gestion du bypass en fonction de la température extérieure	-	0	1	-	
	1. Gestion du bypass en fonction de la température extérieure et de la température d'air intérieur					
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unit é				
Puits - $Type\_sol_{PC}$	Type de sol dans lequel se trouve le puits climatique (0=Sol humide / 1= Sable sec / 2= Sable humide / 3= Argile humide / 4=Argile mouillée)	-	0	4	-	

Z	Profondeur d'enfouissement des conduits	m	0	$+\infty$	-
$Altitude$	Altitude du projet 0 - entre 0 et 400m 1 - entre 400m et 800m 2 - supérieur à 800m	-	0	2	-
$\theta_{ext,arrêt\_PC_{hiver}}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle le puits climatique peut être non activé en période de chauffage	°C	0	$+\infty$	-
$\theta_{ext,arrêt\_PC_{été}}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle le puits climatique peut être non activé hors période de chauffage	°C	0	$+\infty$	-

Variables internes

Nom	Description	Unité			
AH	Facteur de correction de l'amplitude pour la température du sol	-			
VS	Déphasage de la température du sol par rapport à la température extérieure	-			
$\Delta\theta_a$	Amplitude de la variation annuelle de la température d'air extérieur	°C			
θ_{am}	La température extérieure moyenne annuelle	°C			
gm	Coefficient de correction de la température du sol en fonction de la nature du sol	-			
$I_{activation\_PC}(h)$	Indicateur d'activation du puits climatique : 0 : Désactivé 1 : Activé	Ent	0	1	
$\theta_{air-out-actif}(h)$	Température de l'air sortant du puits climatique si il n'est pas bypassé	°C			
$\varepsilon_{sol-air}(h)$	Efficacité du puits climatique	-			
$\theta_{sol}(h)$	Température du sol	°C			
$h_i(h)$	Coefficient de surface interne entre l'air et la face intérieure du conduit	$W.m^{-1}.K^{-1}$			
$U_g(h)$	Coefficient d'échange thermique global entre l'air et le sol	$W.m^{-1}.K^{-1}$			
$qv_{air}(h)$	Débit volumique d'air circulant dans un conduit	m^3/s			
$v_0(h)$	Vitesse de l'air moyenne dans un conduit	m/s			
$JH(h)$	Heure annuelle	h			

Constantes					
Nom	Description	Unit é			
ρ_{air}	Masse volumique de l'air	Kg/m ³	-	-	1,2 2
$C_{p_{air}}$	Capacité calorifique massique de l'air	J/(kg.K)			10 08

Tableau 69 : Nomenclature du modèle

6.8.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

6.8.3.1 Généralités

Le puits climatique est décrit au niveau de la zone du bâtiment, sous la forme d'un nouveau composant du jeu de données d'entrée Puits_Climatique.

Plusieurs centrales de ventilation peuvent être reliées à un même puits climatique.

La liaison est décrite au niveau des centrales de ventilation, par la définition de Id_Puits_Climatique, index unique du puits climatique.

6.8.3.2 Algorithme horaire

Le présent paragraphe décrit les étapes séquentielles de la prise en compte du puits climatique à chaque pas de temps de simulation. Les étapes sont les suivantes :

- Calcul de la température de sol au niveau du conduit enterré,
- Calcul de la température d'air en sortie du puits climatique,
- Prise en compte de la gestion – régulation du puits climatique,
- Calcul des caractéristiques de l'air en sortie du puits climatique prenant en compte la gestion-régulation.

6.8.3.2.1 Calcul de la température du sol au niveau du conduit enterré

La température du sol dépend de la température moyenne annuelle d'air extérieur (θ_{am}), de l'amplitude annuelle de la température d'air neuf ($\Delta\theta_a$), de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit (Z).

Etant donné que les variations de températures dans le sol sont moins importantes qu'à la surface, la température de l'air neuf est corrigée par les coefficients AH, VS et gm. Ainsi, la température du sol est modélisée sous la forme d'une courbe sinusoïdale.

Avec :

$$AH = \max(1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 - 0,000335 \cdot Z^3; \quad 0) \quad (719)$$

$$VS = 24 \times (0,1786 + 10,298 \times Z - 1,0156 \times Z^2 + 0,3385 \times Z^3 - 0,0195 \times Z^4) \quad (720)$$

Où AH représente l'amplitude et VS la dérive de la courbe.

Finalement, la température du sol à une profondeur Z, est déterminée suivant la formule :

$$\theta_{sol}(h) = gm \cdot \left(\theta_{AM} - AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \times [JH(h) - VS + 24 \cdot 25]\right) \right) \quad (721)$$

θ_{AM} est la moyenne des moyennes mensuelles.

$\Delta\theta_A = (\text{moyenne mensuelle maximale} - \text{moyenne mensuelle minimale}) / 2$.

Les valeurs par défaut pour le coefficient gm sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Type_sol _{pc}	Conductivité (W/mK)	Masse volumique (kg/m ³)	Capacité (J/kgK)	Facteur correctif <i>gm</i>
0-Sol humide	1,5	1400	1400	1,00
1-Sable sec	0,7	1500	920	0,90
2-Sable humide	1,88	1500	1200	0,98
3-Argile humide	1,45	1800	1340	1,04
4-Argile mouillée	2,9	1800	1590	1,05

Tableau 70 : Valeurs de gm pour différents types de sol

6.8.3.2.2 Débit d'air neuf total des centrales de ventilation connectées au puits

Le débit massique d'air neuf de l'ensemble des centrales de ventilation connectées au puits climatique est égal à la somme des débits massiques d'air attendus par les centrales de ventilation connectées (indice S) :

$$qm_{air}(h) = \sum_{S \rightarrow PC} q_{m,air-neuf}^S(h) \quad (722)$$

6.8.3.2.3 Calcul de la température d'air en sortie du puits dans le cas où il ne serait pas bypassé

Pour chaque système de ventilation mécanique connecté, on calcule la température d'air neuf en sortie du puits climatique en supposant le puits climatique n'est pas bypassé.

On calcule tout d'abord l'efficacité équivalente de l'échange thermique entre le sol et l'air neuf :

$$\epsilon_{solair}(h) = 1 - \exp\left(\frac{-U_g(\square) \cdot L}{\frac{qm_{air}(\square)}{n_d} \cdot C_{p_{air}}}\right) \quad (723)$$

$$U_g(\square) = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{tube}} \ln\left(\frac{d_i + 2 \cdot e_p}{d_i}\right) + \frac{1}{h_i(\square) \cdot \pi \cdot d_i}} \quad (724)$$

$$h_i(\square) = \left(4,13 + 0,23 \times \frac{\theta_{ext}(\square)}{100} - 0,0077 \times \left(\frac{\theta_{ext}(\square)}{100}\right)^2\right) \times \frac{v_0^{0.75}}{d_i^{0.25}} \quad (725)$$

$$qv_{air}(\square) = \frac{qm_{air}(\square)}{n_d \cdot \rho_{air}} \times 3600 \quad (726)$$

$$v_0(\square) = \frac{qv_{air}(\square)}{\pi \cdot \left(\frac{d_i}{2}\right)^2} \quad (727)$$

La température de l'air en sortie du puits climatique si il devait fonctionner est calculée comme suit :

$$\theta_{air-out-actif}(h) = \theta_{ext}(h) + \varepsilon_{solair}(h) \cdot (\theta_{sol}(h) - \theta_{ext}(h)) \quad (728)$$

6.8.3.3 Gestion/régulation du puits climatique

6.8.3.3.1 Principes généraux

Ce modèle, décrivant les modes de gestion-régulation d'un puits climatique, précède les calculs énergétiques (transfert de chaleur du sol vers l'air circulant dans le puits, consommation des auxiliaires, etc.), et également celui de la température d'air en sortie du puits climatique.

Dans ce modèle, la gestion de l'activation du puits climatique n'a d'impact que sur les températures de soufflage d'air. La modulation éventuelle des débits est pilotée par le système de ventilation en aval du puits climatique.

La gestion-régulation d'un puits climatique doit permettre de tirer profit au maximum des gains énergétiques apportés par le puits climatique sans altérer le confort de l'occupant. Pour cela, lorsque certaines conditions sont assemblées, l'échangeur géothermique peut être by-passé pour souffler à l'intérieur du (ou des) groupe(s) directement de l'air extérieur.

Hypothèse : le débit et l'humidité de l'air sont supposés identiques en entrée et en sortie du puits climatique.

6.8.3.3.2 Fonctionnement de la gestion/régulation

La gestion/régulation du puits climatique se fait soit en fonction de la température extérieure θ_{ext} uniquement, ou de la température extérieure et de la température d'air en sortie du capteur enterré.

Pour la partie de régulation en fonction de la température extérieure, deux paramètres de températures de consigne, $\theta_{ext,arrêt\_PC_{hiver}}$ et $\theta_{ext,arrêt\_PC_{été}}$, permettent de décrire la régulation du puits climatique selon la distinction « saison de chauffage » (hiver) ou « hors saison de chauffage » (été).

1^{er} cas : période de chauffage

Le puits climatique est considéré en période de chauffage tant que $Aut_{ch}^S(h) = 1$ pour au moins une des centrales de ventilation S raccordées au puits.

Deux conditions doivent être respectées simultanément pour que l'air transite par le puits climatique :

- La température extérieure est inférieure à une température de consigne, notée $\theta_{ext,arrêt\_PC_{hiver}}$ (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- Uniquement si le type de gestion est « Gestion du bypass en fonction de la température extérieure et de la température d'air en sortie du capteur enterré » : la température extérieure est inférieure à la température d'air en sortie du puits climatique, notée $\theta_{air-out}^{PC}(h)$;

Dès lors que ces conditions ne sont pas remplies, le puits climatique est bypassé.

Soit sous forme d'algorithme :

$$\begin{aligned} &\text{Si } \theta_{ext}(h) < \theta_{ext,arrêt\_PC_{hiver}} \text{ et si } [type_{gest\_PC} = 0 \text{ OU } \theta_{ext}(h) < \\ &\theta_{air-out}^{PC}(h)] \text{ alors,} \\ &\quad I_{activation\_PC}(h) = 1 \end{aligned} \quad (729)$$

Sinon

$$I_{activation\_PC}(h) = 0$$

2^{ème} cas : hors de la période de chauffage

Hors de la période de chauffage, les règles de bypass associée au puits climatique prennent en compte les stratégies de freecooling.

Deux conditions doivent être respectées simultanément pour passer dans le puits climatique :

- La température extérieure est supérieure à une température de consigne, notée $\theta_{ext,arrêt\_PC\_été}$ (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- Uniquement si le type de gestion est « Gestion du bypass en fonction de la température extérieure et de la température d'air en sortie du capteur enterré » : la température extérieure est supérieure à la température d'air en sortie du puits hydraulique, notée $\theta_{air-out}^{PC}(h)$,

Soit sous forme d'algorithme :

Si $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,arrêt\_PC\_hiver}$ et si $[type_{gest\_PC} = 0 \text{ OU } \theta_{ext}(h) > \theta_{air-out}^{PC}(h)]$,
alors,

$$I_{activation\_PC}(h) = 1 \quad (730)$$

Sinon

$$I_{activation\_PC}(h) = 0$$

6.8.3.3 Calcul des données de sortie

Température de l'air en sortie du puits :

Si $I_{activation\_PC}(h) = 0$, alors :

$$\theta_{air-out}^{PC}(h) = \theta_{ext}(h) \text{ (puits climatique bypassé)}$$

(731)

Sinon,

$$\theta_{air-out}^{PC}(h) = \theta_{air-out-actif}(h)$$

6.9 C_VEN_Puits_hydraulique

6.9.1 INTRODUCTION

La présente fiche vise à modéliser les systèmes de puits hydraulique à eau glycolée, en tant que système de prérefroidissement et/ou préchauffage de l'air neuf de la ventilation.

Un puits hydraulique consiste à utiliser l'énergie thermique du sol en été pour rafraîchir, ou réchauffer en période de chauffage, l'air neuf qui sera insufflé dans le bâtiment. A la différence du puits climatique classique, où l'air neuf circule directement dans un ou des conduits enfouis dans le sol (échangeur air/sol), le puits hydraulique utilise l'eau glycolée comme fluide caloporteur intermédiaire. C'est alors ce dernier qui capte la fraîcheur/chaleur du sol en été/hiver (échangeur eau/sol) avant d'aller la restituer à l'air neuf entrant au travers d'une batterie d'échange eau/air.

L'utilisation du puits climatique n'est pas forcément pertinente en permanence. Par conséquent, il est généralement prévu une fonction d'arrêt du circulateur de ce dernier, contrôlée sur la base de ses températures d'air d'entrée (air extérieur) et éventuellement de sortie (air en entrée de la centrale de ventilation).

Dans le cas d'une association avec une centrale double-flux à récupération de chaleur, une fonction de bypass de l'échangeur thermique peut être prévue en fonction de la température en sortie de puits et de la température extérieure (voir fiche *C_Ven_Ventilation_Mecanique_Double_Flux*), de manière à profiter au mieux du rafraîchissement.

En période d'hiver, la centrale de ventilation couplée au puits hydraulique est maintenue au débit hygiénique, pour minimiser les déperditions thermiques par l'air. Le débit appliqué dans le calcul est le débit d'air neuf calculé selon la fiche *C_Ven_Débts_d'air_(Cep)* de la méthode Th-BCE.

En période d'été, certaines centrales prévoient l'activation d'une fonction de surventilation d'été, synchronisée sur le fonctionnement du puits hydraulique. Dans ce cas, le débit appliqué dans le calcul est le débit de surventilation nocturne, tel qu'introduit dans le chapitre *C_Ven_Fonctions de rafraichissement nocturne des systèmes de ventilation et des CTA* de la méthode Th-BCE. On réemploie ainsi les valeurs de débits de surventilation au niveau des composants bouche-conduits ($q_{spec,rep,rafnoc}$ et $q_{spec,souf,rafnoc}$), ainsi que les puissances de ventilateurs correspondantes saisies au niveau de la centrale de ventilation ($P_{vent,rafnoc,rep}$ et $P_{vent,rafnoc,souf}$).

A chaque pas de temps, la modélisation du puits hydraulique est séquentielle :

- On modélise tout d'abord le puits hydraulique en supposant qu'il est activé. On en déduit la température d'air neuf pré-chauffée ou pré-refroidie potentielle,
- On applique ensuite les conditions de fonctionnement de la gestion-régulation, dépendant de la température d'air neuf potentielle calculée plus haut.
- Enfin, selon l'état du puits hydraulique au pas de temps h , on calcule la température d'air préchauffée ou prérefroidie effective, ainsi que les consommations d'auxiliaires (circulateurs du puits hydraulique, surconsommation des ventilateurs associée à la surventilation).

La modélisation des échanges au niveau du sol reprend la plupart des hypothèses du modèle de puits climatique (C_VEN_Puits climatique). A savoir :

- Le sol est considéré homogène et non perturbé par les échanges thermiques air/sol ;
- La température de la surface extérieure du conduit enterré est identique à celle du sol ;
- Le conduit enterré est considéré cylindrique, droit, et horizontal ;
- Les échanges latents sont négligés ;
- Le sol est considéré comme une source thermique infinie.

6.9.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 71** donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C				
$q_{m-air-neuf}^S(h)$	Débit massique d'air neuf de la centrale de ventilation au pas de temps h	kg/s				
$Aut, ch^S(j)$	Indicateur de saison de chauffage pour la centrale de ventilation S (oui / non)	Bool				
$Aut, fr^S(j)$	Indicateur de saison de refroidissement pour la centrale de ventilation S (oui / non)	Bool				
Sorties du composant						
Nom	Description	Unité				
$\theta_{eau-out}^{PH}(h)$	Température de l'eau glycolée après passage dans le puits hydraulique (= température d'entrée échangeur)	°C				
$Q^{PH}(h)$	Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique	m³/h				
$W_{elec}^{PH,S}(h)$	Quantité d'énergie absorbée par le puits hydraulique et attribuée à la centrale de ventilation S	Wh				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité				
Q_{max}^{PH}	Débit maximum fourni par la pompe	m³/s	0	+	-	
P_{max}^{PH}	Puissance nominale de la pompe	W	0	+	-	
L_{puits}	Longueur du conduit hydraulique (Longueur d'échange sol/eau glycolée)	m	0	+	-	
λ_{tube}	Conductivité thermique du conduit hydraulique	W/(m.K)	0	+	-	
e_p	Epaisseur du conduit hydraulique	m	0	+	-	
d_i	Diamètre intérieur du conduit hydraulique	m	0	+	-	
Puits	Type de gestion du puits hydraulique et de sa pompe associée :					
	2. Gestion de la pompe en fonction de la température extérieure	-	0	1	-	

3. Gestion du bypass en fonction de la température extérieure et de la température d'eau en sortie du capteur enterré

Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité				
Puits hydraulique	Z	Profondeur d'enfouissement des conduits du puits hydraulique	m	0	$+\infty$	-
	$\theta_{ext,arrêt\_PH_{hiver}}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle la pompe du puits hydraulique peut être arrêtée en période de chauffage	°C	0	$+\infty$	-
	$\theta_{ext,arrêt\_PH_{été}}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle la pompe du puits hydraulique peut être arrêtée hors période de chauffage	°C	0	$+\infty$	-
Variables internes						
Nom	Description	Unité				
AH	Facteur de correction de l'amplitude pour la température du sol	-				
VS	Déphasage de la température du sol par rapport à la température extérieure	h				
gm	Coefficient de correction de la température du sol en fonction de la nature du sol	-				
θ_{am}	Température extérieure moyenne annuelle					
$\Delta\theta_a$	Amplitude de la variation annuelle de la température					
$\theta_{eau-in-PH}(h)$	Température d'eau en entrée du puits hydraulique	°C				
$\theta_{eau-out-batt}(h)$	Température de l'eau glycolée en sortie de la batterie eau/air associée au puits hydraulique	°C				
$W_{elec}^{PH}(h)$	Quantité d'énergie absorbée par la pompe du puits hydraulique au pas de temps h	Wh				
$\theta_{sol}(h)$	Température du sol	°C				
$\varepsilon_{soleau}(h)$	Efficacité équivalente de l'échangeur sol/eau constituant le puits hydraulique	-				
$qm_{air-neuf}(h)$	Débit d'air neuf total circulant dans l'ensemble des batteries eau/air	kg/s				
$DC_{airneuf}(h)$ $DC_{eaugly}(h)$	Débits calorifiques d'air et d'eau glycolée de part et d'autre de	W/K				

	l'ensemble constitué par les batteries eau/air	
$Rdc(h)$	Ratio des débits calorifiques de l'ensemble constitué par les batteries eau/air	-
$\varepsilon_{batt}(h)$	Efficacité équivalente moyenne des batteries eau/air au pas de temps h	-
$U_g(h)$	Coefficient d'échange global entre l'eau glycolée et le sol (dépend du type de tube)	W/(m.K)
$h_i(h)$	Coefficient de surface interne entre l'eau glycolée et la face intérieure du conduit (échange par convection)	W/(m.K)
$JH(h)$	Heure annuelle	h
$C_{air\_neuf\_total}(h)$	Débit total capacitif de l'air neuf avant distribution aux différents systèmes desservis par le puits hydraulique	W/K
$C_{eau\_PH}(h)$	Débit capacitif de l'eau glycolée du puits hydraulique	W/K
$C_{PH}(h)$	Rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux fluides de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-

Constantes

Nom	Description	Unité	
ρ_{eau_gl}	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/m ³	1040
λ_{eau_gl}	Conductivité thermique de l'eau glycolée	W/(m.K)	0.496
μ_{eau_gl}	Viscosité dynamique de l'eau glycolée	kg/(m.s)	$\frac{1.51}{3} \cdot 10^{-3}$
Cp_{eau_gl}	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	J/(kg.K)	3751
Cp_{air}	Capacité calorifique massique de l'air	J/(kg.K)	1004

Tableau 71 : Nomenclature du modèle

6.9.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

6.9.3.1 Généralités et préprocesseur

Le puits hydraulique est décrit au niveau de la zone.

Plusieurs centrales de ventilation peuvent être reliées à un même puits hydraulique. La liaison est décrite au niveau des centrales de ventilation, par la définition de Id_Puits_Hydraulique, index unique du puits hydraulique.

6.9.3.2 Algorithme horaire

6.9.3.2.1 Calcul de la température du sol au niveau du capteur enterré

Le calcul de la température du sol dépend de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit d'eau glycolée (Z). Le calcul est donc identique à celui présent dans la fiche algorithmique existante du puits climatique.

La température du sol dépend de la température moyenne annuelle d'air extérieur (θ_{am}), de l'amplitude annuelle de la température d'air neuf ($\Delta\theta_a$), de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit (Z).

Etant donné que les variations de températures dans le sol sont moins importantes qu'à la surface, la température de l'air neuf est corrigée par les coefficients AH, VS et gm. Ainsi, la température du sol est modélisée sous la forme d'une courbe sinusoïdale.

Avec :

$$AH = \max(1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 - 0,000335 \cdot Z^3; 0) \quad (732)$$

$$VS = 24 \times (0,1786 + 10,298 \times Z - 1,0156 \times Z^2 + 0,3385 \times Z^3 - 0,0195 \times Z^4) \quad (733)$$

Où AH représente l'amplitude et VS la dérive de la courbe.

Finalement, la température du sol à une profondeur Z, est déterminée suivant la formule :

$$\theta_{sol}(Z) = gm \cdot \left(\theta_{AM} - AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \times [JH(h) - VS + 24 \cdot 25]\right) \right) \quad (734)$$

θ_{AM} est la moyenne des moyennes mensuelles.

$\Delta\theta_A = (La \text{ moyenne mensuelle maximale} - la \text{ moyenne mensuelle minimale})/2$.

Les valeurs par défaut pour le coefficient gm sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Type_sol _{pc}	Conductivité (W/mK)	Masse volumique (kg/m3)	Capacité (J/kgK)	Facteur correctif gm
0-Sol humide	1,5	1400	1400	1,00
1-Sable sec	0,7	1500	920	0,90
2-Sable humide	1,88	1500	1200	0,98
3-Argile humide	1,45	1800	1340	1,04
4-Argile mouillée	2,9	1800	1590	1,05

Tableau 72 : Valeurs de gm pour différents types de sol

6.9.3.2.2 Calcul de la température d'eau glycolée en sortie du puits hydraulique

La température de l'eau glycolée attendue en entrée et en sortie du puits climatique est calculée à **tous les pas de temps** que le puits fonctionne ou non.

La première étape consiste à calculer l'efficacité moyenne équivalente de l'ensemble des batteries eau/air connectées au puits $\varepsilon_{batt}(h)$. Pour cela, on calcule le débit d'air neuf total circulant dans l'ensemble des batteries, $qm_{air,neuf}(h)$.

$qm_{air,neuf}(h)$ est le débit d'air d'hygiène total de l'ensemble des systèmes de ventilation « s » reliés au puits hydraulique :

$$qm_{air-neuf}(h) = \sum_S qm_{air-neuf}^S(h) \quad (735)$$

Le ratio des débits calorifiques de l'échange de chaleur, $Rdc(h)$, est calculé comme suit :

$$DC_{airneuf}(h) = qm_{air-neuf}(h) \cdot Cp_{air} \quad (736)$$

$$DC_{eau gly}(h) = \frac{Q_{MAX}^{PH} \cdot \rho_{eau\_gl} \cdot Cp_{eau\_gl}}{3600} \quad (737)$$

$$Rdc(h) = \frac{MIN(DC_{airneuf}(h); DC_{eau gly}(h))}{MAX(DC_{airneuf}(h); DC_{eau gly}(h))} \quad (738)$$

Enfin, l'efficacité moyenne équivalente des batteries est :

$$\varepsilon_{batt}(h) = \frac{\sum_S (qm_{air-neuf}^S(h) \cdot \varepsilon_{batt}^S(h))}{qm_{air-neuf}(h)} \cdot Rdc(h) \quad (739)$$

Avec ε_{batt}^S les efficacités des batteries eau/air de chacune des centrales de ventilation d'indice S, en fonction de la saison au pas de temps h :

$$\text{En saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) = 1) : \varepsilon_{batt}^S(h) = \varepsilon_{batt,ch}^S \quad (740)$$

$$\text{Hors saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) < 1) : \varepsilon_{batt}^S(h) = \varepsilon_{batt,fr}^S$$

On utilise les relations suivantes basées sur l'équilibre thermique de la boucle d'eau glycolée :

$$\theta_{eau-in-PH}(h) = \frac{(\varepsilon_{soleau}(h) - \varepsilon_{batt}(h) \cdot \varepsilon_{soleau}(h)) \cdot \theta_g(h) + \varepsilon_{batt}(h) \cdot \theta_{ext}(h)}{\varepsilon_{soleau}(h) + \varepsilon_{batt}(h) - \varepsilon_{batt}(h) \cdot \varepsilon_{soleau}(h)} \quad (741)$$

$$\theta_{eau-out-PH}(h) = \theta_{eau-in-PH}(h) + \varepsilon_{soleau}(h) \cdot (\theta_g(h) - \theta_{eau-in-PH}(h)) \quad (742)$$

Avec $\varepsilon_{soleau}(h)$ l'efficacité équivalente du capteur enterré :

$$\varepsilon_{soleau}(h) = 1 - \exp \left[\frac{-3600 \cdot U_g \cdot L_{puits}}{Q_{MAX}^{PH} \cdot \rho_{eau\_gl} \cdot Cp_{eau\_gl}} \right] \quad (743)$$

$$U_g(h) = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{tube}} \ln \left(\frac{d_i + 2 \cdot e_p}{d_i} \right) + \frac{1}{\pi \cdot d_i \cdot h_i(h)}} \quad (744)$$

La circulation de l'eau glycolée dans le puits hydraulique est forcée et généralement turbulente ($Re > 2300$). On considère donc le régime turbulent établi dans le tube. On évalue alors h_i avec la formule de Colburn pour un fluide en refroidissement ou en échauffement selon la saison de fonctionnement

(l'eau glycolée se refroidit ou se réchauffe en passant dans le sol après s'être échauffée ou refroidie au contact de l'échangeur air/eau):

$$h_i(h) = 0.023 \times \frac{\lambda_{eau\_gl}}{d_i} \times \left[\frac{\rho_{eau\_gl} \cdot \frac{4 \cdot Q_{MAX}^{PH}}{3600 \cdot \pi \cdot d_i}}{\mu_{eau\_gl}} \right]^{0.8} \cdot \left[\frac{\mu_{eau\_gl} \cdot C_{p_{eau\_gl}}}{\lambda_{eau\_gl}} \right]^{0.30} \quad (745)$$

Les caractéristiques de l'eau glycolée sont prises pour un mélange à 25% de glycol.

6.9.3.2.3 Gestion/Régulation du puits hydraulique

La gestion/régulation du puits hydraulique se fait soit en fonction de la température extérieure θ_{ext} uniquement, ou de la température extérieure et de la température d'eau en sortie du capteurs enterrée (en entrée de la batterie).

Pour la partie de régulation en fonction de la température extérieure, deux paramètres de températures de consigne, $\theta_{ext,arrêt\_PH_{hiver}}$ et $\theta_{ext,arrêt\_PH_{été}}$, permettent de décrire la régulation du puits hydraulique selon la distinction « saison de chauffage » (hiver) ou « hors saison de chauffage » (été).

Voici ci-dessous le fonctionnement de la régulation basée sur le contrôle de la température extérieure :

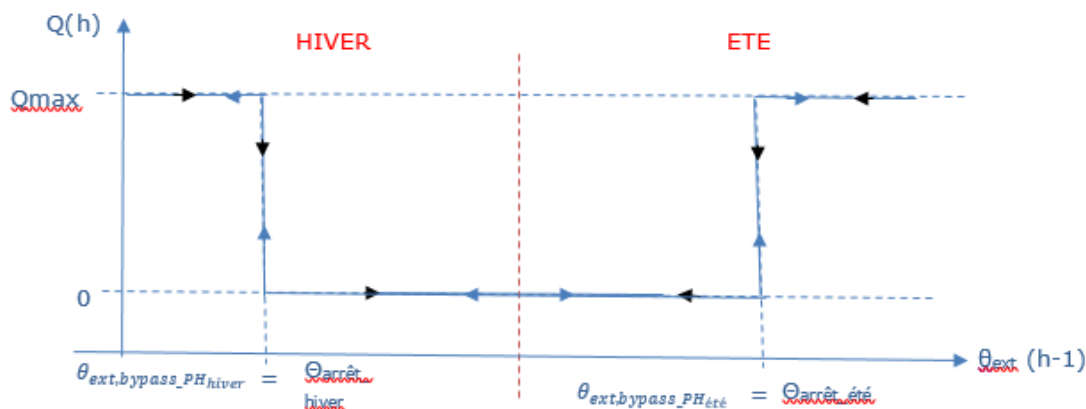


Figure 2 - Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique en fonction de la température moyenne du bâtiment au pas de temps précédent dans le cas d'une pompe à débit constant.

1^{er} cas : période de chauffage

Le puits climatique est considéré en période de chauffage tant que $Aut_{ch}^S(h) = 1$ pour au moins une des centrales de ventilation S raccordées au puits.

Durant la période de chauffage, la pompe du puits hydraulique est arrêtée s'il n'y a pas d'intérêt à passer à l'intérieur ou s'il y a un risque de surchauffe.

Deux conditions doivent être respectées simultanément pour passer dans le puits hydraulique

- La température extérieure est inférieure à une température de consigne, notée $\theta_{ext,arrêt\_PH_{hiver}}$ (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- Uniquement si le type de gestion est « Gestion du circulateur en fonction de la température extérieure et de la température d'eau en sortie du capteur enterré » : la température

extérieure est inférieure à la température d'eau en sortie du puits hydraulique, notée $\theta_{eau-out-PH}(h)$;

Soit sous forme d'algorithme :

$$\begin{aligned} &\text{Si } \theta_{ext}(h) < \theta_{ext,arrêt\_PH_{hiver}} \text{ et si } [type_{gest\_PH} = 0 \text{ OU } \theta_{ext}(h) < \\ &\theta_{eau-out-PH}(h)] \text{ alors,} \\ &\quad Q^{PH}(h) = Q_{MAX}^{PH} \\ &\text{Sinon} \\ &\quad Q^{PH}(h) = 0 \end{aligned} \quad (746)$$

Ceci permettant de ne pas faire de consommation d'auxiliaire de pompe si la température d'eau arrivant à l'échangeur n'était pas en mesure d'assurer le préchauffage de l'air.

2^{ème} cas : hors de la période de chauffage

Hors de la période de chauffage ($Aut\_ch(h) < 1$), les règles de l'arrêt de la pompe associée au puits hydraulique prennent en compte les stratégies de free-cooling.

Deux conditions doivent être respectées simultanément pour passer dans le puits hydraulique :

- La température extérieure est supérieure à une température de consigne, notée $\theta_{ext,arrêt\_PH_{été}}$ (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- Uniquement si le type de gestion est « Gestion du circulateur en fonction de la température extérieure et de la température d'eau en sortie du capteur enterré » : la température extérieure est supérieure à la température d'eau en sortie du puits hydraulique, notée $\theta_{eau-out-PH}(h)$,

Soit sous forme d'algorithme :

$$\begin{aligned} &\text{Si } \theta_{ext}(h) > \theta_{ext,arrêt\_PH_{hiver}} \text{ et si } [type_{gest\_PH} = 0 \text{ OU } \theta_{ext}(h) > \theta_{eau-out-PH}(h)], \\ &\text{alors,} \\ &\quad Q^{PH}(h) = Q_{MAX}^{PH} \\ &\text{Sinon} \\ &\quad Q^{PH}(h) = 0 \end{aligned} \quad (747)$$

Ceci permettant de ne pas faire de consommation d'auxiliaire de pompe si la température d'eau arrivant à l'échangeur n'était pas en mesure d'assurer le refroidissement de l'air.

6.9.3.2.4 Calcul de la consommation du puits hydraulique

A chaque pas de temps h, la quantité d'énergie électrique consommée par la pompe du puits hydraulique est calculée comme suit :

Si $Q^{PH}(h) > 0$:

$$W_{elec}^{PH}(h) = P_{max}^{PH} \quad (748)$$

A chaque pas de temps, la puissance absorbée par le puits hydraulique est répartie dans chaque centrale de ventilation S au prorata des débits d'air neuf du pas de temps en cours :

$$W_{elec}^{PH,S}(h) = W_{elec}^{PH}(h) \cdot \frac{qm_{air-neuf}^S(h)}{\sum_S qm_{air-neuf}^S(h)} \quad (749)$$

La consommation de circulateur du puits hydraulique est ainsi comptabilisée dans la consommation **des auxiliaires de ventilation**.

6.10 C_VEN_gestion_régulation_Puits_climatique

6.10.1 INTRODUCTION

Les puits climatiques sont intégrés dans la méthode réglementaire Th-BCE. Dans le contexte de bâtiments à la fois confortables et basse consommation, il est nécessaire que le puits climatique soit géré au mieux afin de profiter ou non (selon les conditions extérieures et intérieures) de l'échangeur géothermique.

Le composant ci-dessous s'inspire des algorithmes du by-pass d'une ventilation double-flux et exprime les équations de gestion-régulation du by-pass du puits climatique.

6.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 73 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
$\theta_e(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C			
$\theta_{i,fin}^{PC}(h)$	Température de l'air intérieur vue par le puits climatique à la fin du pas de temps précédent	°C			
$I_{saison}^{PC}(j)$	Indicateur de saison propre au puits climatique	-			

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$type_{gest\_PC}$	Type de gestion du puits climatique et de son by-pass				
	0. Pas de by-pass 1. Gestion du by-pass en fonction des températures intérieures et extérieures	-	0	1	-

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\theta_{int,by-pass\_PC}^{hiver}$	Température intérieure de consigne au dessus de laquelle l'échangeur du puits climatique peut être by-passé en période de chauffage	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{ext,by-pass\_PC}^{hiver}$	Température extérieure de consigne au dessus de laquelle l'échangeur du puits climatique peut être by-passé en période de chauffage	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{int,by-pass\_PC}^{été}$	Température intérieure de consigne au dessus de laquelle l'échangeur du puits climatique peut être by-passé hors période de chauffage	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{ext,by-pass\_PC}^{été}$	Température extérieure de consigne au dessus de laquelle l'échangeur du puits climatique peut être by-passé hors période de chauffage	°C	$-\infty$	$+\infty$	-

Sorties		
Nom	Description	Unité
$\delta_{bypass}^{PC}(h)$	Indicateur de fonctionnement du by-pass du puits climatique	-

Variables internes			
Nom	Description	Unité	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 73 : Nomenclature des différentes variables du modèle

6.10.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

6.10.3.1 Les principes de la gestion-régulation du puits climatique

Ce modèle, décrivant les modes de gestion-régulation d'un puits climatique, précèdent les calculs énergétiques (transfert de chaleur du sol vers l'air circulant dans le puits, consommation des auxiliaires, etc.)

Dans ce modèle, la gestion du by-pass n'a d'impact que sur les températures de soufflage d'air. La modulation éventuelle des débits est pilotée par le système de ventilation en aval du puits climatique.

La gestion-régulation d'un puits climatique doit permettre de tirer profit au maximum des gains énergétiques apportés par le puits climatique sans altérer le confort de l'occupant. Pour cela, lorsque certaines conditions sont assemblées, l'échangeur géothermique peut être by-passer pour souffler à l'intérieur du (ou des) groupe(s) directement de l'air extérieur.

Hypothèse : le débit et l'humidité de l'air sont supposés identiques en entrée et en sortie du puits climatique.

6.10.3.2 Calcul de l'indicateur de by-pass du puits climatique

Ce calcul est horaire.

6.10.3.2.1 Si il n'y a pas de by-pass (type_{gest_PC}=0)

$$\delta_{by-pass}^{PC} = 0 \quad (750)$$

6.10.3.2.2 Si le by-pass est en gestion manuelle (type_{gest_PC}=1)

Concernant les règles de by-pass, on distingue la période de chauffage du reste de l'année.

1^{er} cas : période de chauffage

Durant la période de chauffage (I_{saison}^{PC} =chauffage), le by-pass est activé pour éviter les surchauffes. Trois conditions doivent être respectées simultanément :

- la température extérieure est inférieure à la température intérieure vue par le puits climatique, $\theta_{i,fin}^g$, (possibilité de refroidir) ;
- la température extérieure est supérieure à une température de consigne, notée $T_{ext,By-pass}^{hiver}$, $\theta_{ext,by-pass\_PC}^{hiver}$, (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- la température intérieure est supérieure à une température de consigne notée $T_{int,By-pass}^{hiver}$;

Autrement dit, si $\theta_{ext} < \theta_{i,fin}^{PC}$ et $\theta_{ext} > \theta_{ext,by-pass\_PC}^{hiver}$ et si $\theta_{i,fin}^{PC} > \theta_{int,by-pass\_PC}^{hiver}$, alors

$$\delta_{by-pass}^{PC} = 1 \quad (751)$$

2^{ème} cas : hors de la période de chauffage

Hors de la période de chauffage (I_{saison}^{PC} ≠chauffage), les règles de by-pass du puits climatique prennent en compte les stratégies de free-cooling.

Trois conditions doivent être respectées simultanément :

- la température extérieure est inférieure à la température intérieure, $\theta_{i,fin}^g$, (possibilité de refroidir) ;

- la température extérieure est supérieure à une température de consigne, notée $\theta_{ext,by-pass\_PC}^{été}$
 $T_{ext,By-pass}^{été}$ (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- la température intérieure est supérieure à une température de consigne notée $\theta_{int,by-pass\_PC}^{été}$
 $T_{int,By-pass}^{été}$;

Autrement dit, si $\theta_{ext} < \theta_{i,fin}^{PC}$ et $\theta_{ext} > \theta_{ext,by-pass\_PC}^{été}$ et si $\theta_{i,fin}^{PC} > \theta_{int,by-pass\_PC}^{été}$, alors

$$\delta_{by-pass}^{PC} = 1 \quad (752)$$

On rappelle que **par défaut**, le by-pass est désactivé avec par conséquent la valeur du paramètre $\delta_{by-pass}^{PC} = 0$

6.11 S1_BAT_assemblage_puits_climatique

6.11.1 INTRODUCTION

Deux fiches algorithmes liées aux puits climatiques sont assemblées :

- la fiche gestion-régulation du puits climatique qui décrit les modes de gestion du puits climatique ainsi que les périodes de fonctionnement du by-pass ;
- la fiche puits climatique qui, à partir d'un débit massique d'air et de la température extérieure, calcule ce même couple de données en sortie, après passage dans l'échangeur géothermique.

6.11.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 74 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées au puits climatique.

Entrées du système						
Climat	Nom	Description	Unité			
	$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieure (entrant dans le puits)	°C			
Syst. ventilation	$\omega_{ext}(h)$	Humidité de l'air extérieur	kg/kg as			
	$\theta_{i,fin}^s(h)$	Température d'air à la fin du pas de temps précédent du système de ventilation s connecté au puits climatique	°C			
	$i_{saison}^s(h)$	Indicateur de saison lié au système de ventilation s connecté au puits climatique	-			
	$q_{m,air\_neuf}^s(h)$	Débit massique d'air neuf en entrée du système de ventilation s connecté au puits climatique	kg/s			
Paramètres intrinsèques du système						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
	Voir fiche puits climatique					
	Voir fiche gestion-régulation du puits climatique					
Paramètres d'intégration du système						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
Mode	Mode de calcul Voir fiche puits climatique Voir fiche gestion-régulation du puits climatique	-	0	5	-	
Sorties						
Nom	Description	Unité				
$I_{climatique}$	Booléen indiquant le raccordement éventuel à un puits climatique	Bool				
$\theta_{air-out}^{PC}(h)$	Température de l'air sortant du puits climatique	°C				
$m_{air-out}^{PC}(h)$	Débit d'air en sortie du puits climatique	kg/s				
$\omega_{air-out}^{PC}(h)$	Humidité de l'air en sortie du puits climatique	kg/kg as				
Variables internes						
Nom	Description	Unité				
$\delta_{bypass}^{PC}(h)$	Indicateur de fonctionnement du by-pass du puits climatique	-				
$\theta_{i,fin}^{PC}(h)$	Température d'air à la fin du pas de temps précédent vu par le puits climatique	°C				
$m_{air}(h)$	Débit d'air massique entrant dans le puits climatique	kg/s				
Constantes						
Nom	Description	Unité	Conv.			
	(Voir fiches de l'assemblage)					

Tableau 74 : Nomenclature du modèle

6.11.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Deux fiches composent l'assemblage :

- gestion-régulation du puits climatique ;
- puits climatique ;

Hypothèses :

Pour les calculs en mode Bbio (Th-B), il n'y a pas de puits climatique.

Pour le calcul des consommations (Th-C) ou du confort d'été en mode « consommations » (Th-DC), un puits climatique peut être connecté au(x) système(s) de ventilation suivant(s) :

- ventilation SF Insufflation (C_VEN_Mécanique_F)
- ventilation DF ou DAC (C_VEN_Mécanique_Double_Flux)

Un PC peut desservir plusieurs systèmes de ventilation.

L'air entrant dans le puits climatique est de l'air extérieur.

6.11.3.1 *Prétraitement des données*

6.11.3.2 *Débit massique en entrée du puits climatique*

Le débit massique d'air entrant dans le puits climatique est égal à la somme des débits massiques d'air attendus par les systèmes de ventilation.

$$m_{air}^{PC} = \sum_{s \rightarrow PC} q_{m,air-neuf}^s \quad (753)$$

6.11.3.2.1 *La température intérieure de gestion-régulation du puits climatique*

La température d'air utilisée pour la gestion-régulation du puits climatique est la moyenne pondérée des températures d'air vue par les systèmes de ventilation.

$$\theta_{i,fin}^{PC} = \frac{\sum_{s \rightarrow PC} (\theta_{i,fin}^s \times q_{m,air-neuf}^s)}{\sum_{s \rightarrow PC} (q_{m,air-neuf}^s)} \quad (754)$$

6.11.3.2.2 *La saison au niveau du puits climatique*

La saison au niveau du PC (utile pour sa gestion-régulation) est une compilation des saisons de chaque système de ventilation.

Dès qu'un système de ventilation est en mode chauffage, le puits climatique passe en mode chauffage.

S'il existe au moins un système de ventilation s tel que

$$i_{saison}^s = \text{chauffage}, \text{ alors } i_{saison}^{PC} = \text{chauffage} \quad (755)$$

6.11.3.2.3 Indicateur de présence d'un puits climatique

L'indicateur suivant permet d'informer les systèmes de ventilation mécanique de la présence d'un puits climatique, pour le calcul des consommations.

Si $Mode = 0$

$$I_{climatique} = 0 \quad (756)$$

Si $Mode = 1$

$$I_{climatique} = 1$$

6.11.3.2.4 Le puits climatique dans le calcul du confort d'été

Le puits climatique n'intervient pas dans le calcul de confort d'été en mode « besoins » (Th-DB) :

Si $Mode = 2$

$$I_{climatique} = 0 \quad (757)$$

Si $Mode = 3$

$$I_{climatique} = 1$$

6.11.3.3 *Ordre des calculs*

Pour un puits climatique et pour chaque pas de temps d'un calcul de Cep :

1) Première étape : gestion-régulation du by-pass du puits climatique

Le puits climatique peut être by-passé lorsque l'échangeur géothermique n'est pas intéressant d'un point de vue énergétique. La gestion-régulation du by-pass est basée sur le même principe que celui du by-pass d'une ventilation double flux à savoir :

- une distinction entre la période de chauffage et le reste de l'année ;
- pour chacune des deux périodes ainsi définies, deux températures seuils (une pour la température intérieure et une pour la température extérieure) conditionnent l'utilisation du by-pass.

Un indicateur de by-passage est envoyé aux algorithmes du puits climatiques.

2) Deuxième étape : le puits climatique

Le puits climatique permet de modifier la température d'air en entrée du système de ventilation en utilisant un échangeur géothermique. A partir des caractéristiques physiques du puits climatique, de la nature du sol,... nous pouvons en déduire la température en sortie du puits climatique. Cette température sera identique pour tous les systèmes de ventilation reliés au puits climatique.

6.11.3.4 L'assemblage puits climatique

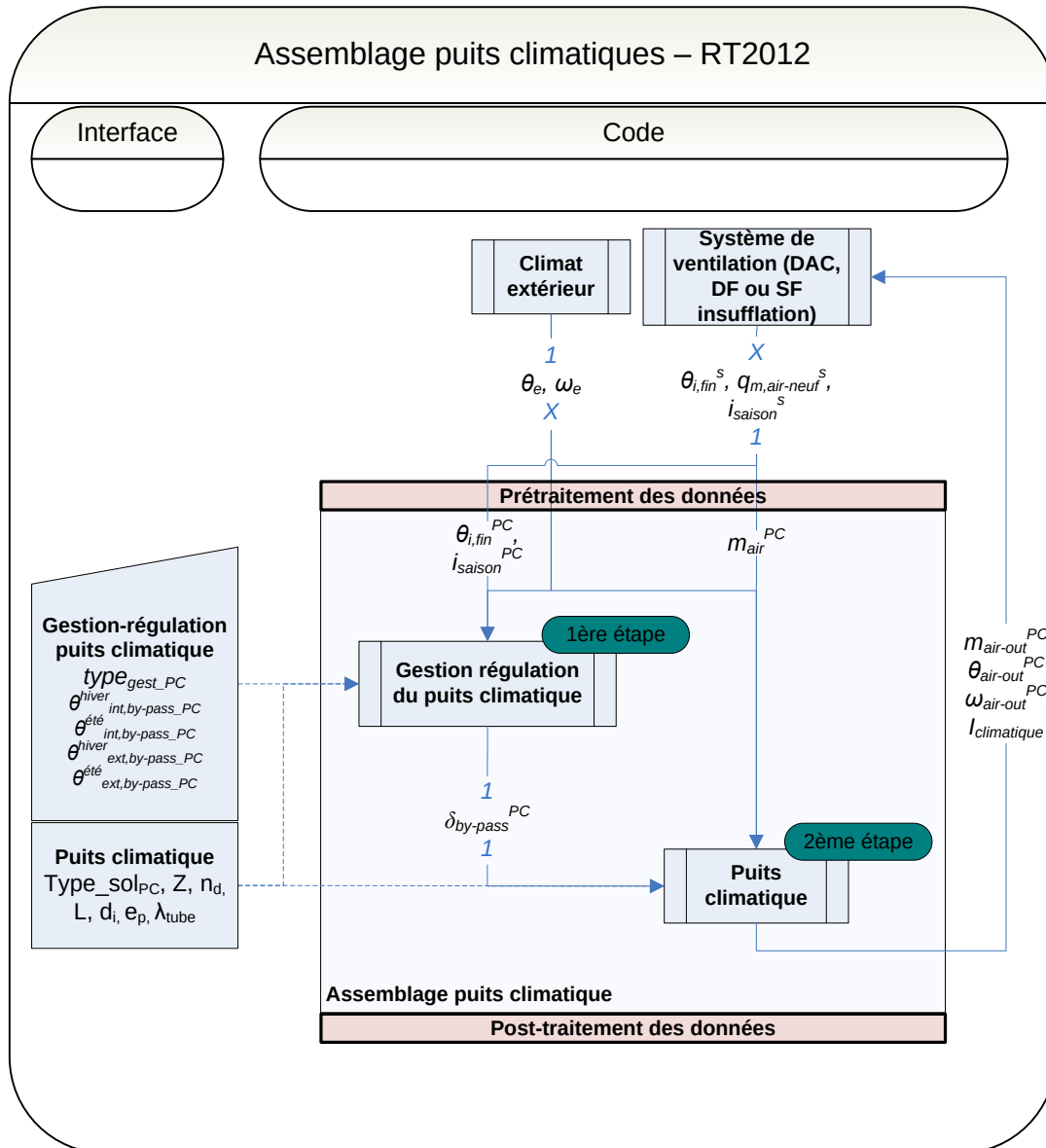


Figure 79 : Schéma d'assemblage du modèle de puits climatique

6.11.3.5 ***Post-traitement des données***

A la suite des algorithmes de l'assemblage puits climatique, le système de traitement d'air reçoit une température d'air, une humidité et un débit massique. A cela s'ajoute un indicateur $I_{climatique}$ informant le système de ventilation de la présence d'un puits climatique en amont de l'installation de ventilation.

La température de sortie du puits climatique est utilisée par tous les systèmes de ventilation reliés au puits climatique.

6.12 C_VEN_Fonctions de rafraîchissement par surventilation mécanique des systèmes de ventilation

6.12.1 INTRODUCTION

Les fonctions de rafraîchissement par surventilation mécanique ne concernent que les calculs de consommations Cep ou la méthode Th-D.

Le rafraîchissement par surventilation mécanique consiste en l'activation de la ventilation afin de faire circuler de l'air neuf frais dans les locaux. Il vise à abaisser la température du et des locaux concernées de plusieurs degrés sous la température de consigne des systèmes de refroidissement, pour que ceux-ci s'activent plus tard. Il peut aussi être employé dans les locaux non-climatisés pour abaisser la température opérative.

Lorsque le rafraîchissement par surventilation mécanique est qualifié de « nocturne », il peut être activé en périodes soirée et nuit, sinon (cas de freecooling), il peut être activé sans condition de jour ou nuit.

Le rafraîchissement par surventilation mécanique consiste à augmenter les débits (passage en pointe), à activer le by-pass d'échangeur, et/ou à fermer le volet de recyclage d'air intérieur.

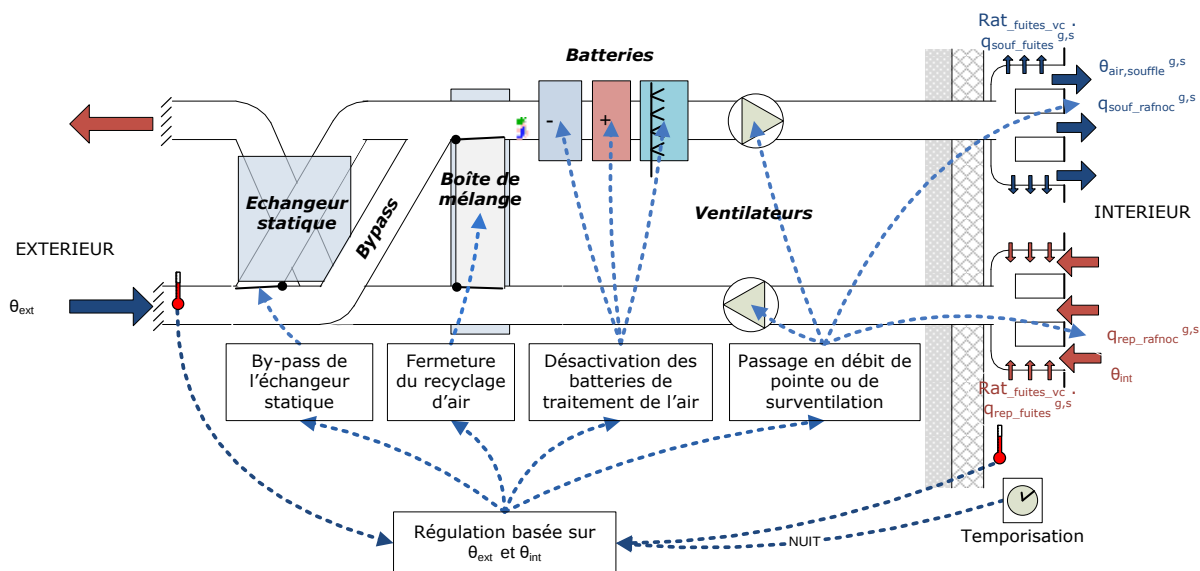


Figure 80: représentation schématique de la fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique pour une CTA

Le rafraîchissement par surventilation mécanique est piloté au niveau du caisson de ventilation ou de la centrale de traitement d'air. En général, il est régulé d'une des trois façons suivantes :

- **Activation/désactivation manuelle uniquement.**,
- **Activation temporisée**, à heure fixe. Les dimensionnements des débits et de la durée d'activation devront alors être sécuritaires pour éviter de sur-rafraîchir les locaux.
- **Activation temporisée et régulée** sur la base d'une mesure de température extérieure (ou d'air neuf) et/ou d'une mesure de température intérieure.

6.12.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 75 donne la nomenclature.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, et j le jour de simulation correspondant.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
$\theta_{an}(h)$	Température d'air neuf au pas de temps h	°C				
$\theta_{op,fin^{gr}}(h-1)$	Température opérative intérieure du groupe gr à la fin du pas de temps h-1.	°C				
$h_{leg}(h)$	Heure légale au début pas de temps h (entre 0 et 23 h).	h				
$Aut_{fr\_pro^{gr}}(j)$	Autorisation propre de refroidissement du groupe gr au jour j : <i>0 : hors saison de refroidissement,</i> <i>1 : en saison de refroidissement</i>	Ent				
$T_{souf,2}(h)$	Température d'air après le ventilateur de soufflage, calculée selon le système de ventilation mécanique.	°C				
Paramètres d'intégration						
Nom	Description	Unité	Min	M a x	Conv.	
$\dot{I}_{hebergement}$	Indicateur d'usage hébergement : <i>0 : hors usage hébergement,</i> <i>1 : usage hébergement ou habitation.</i>	Ent				
$q_{spec,rep,rafnoc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris lorsque le dispositif de ventilation ou la CTA intègre une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique	m³/h	0	$+\infty$	-	
$q_{spec,souf,rafnoc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé lorsque le dispositif de ventilation ou la CTA intègre une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique	m³/h	0	$+\infty$	-	
$\dot{I}_{Souf}^{g,s}$	Type de bouche : <i>0 : bouche d'extraction</i> <i>1 : bouche d'insufflation</i>	entier	0	1	-	
Paramètres intrinsèques						
Nom	Description	Unité	Min	M a x	Conv.	
Gestion du rafraichissement $\dot{I}_{Srafnoc}$	Présence d'une fonction de rafraichissement par surventilation mécanique associée au composant bouche-conduit s :	Ent	0	4		
	<i>0 : Pas de fonction de rafraichissement nocturne ni de freecooling</i> <i>1 : Présence d'une fonction de rafraichissement nocturne en période d'été seulement</i>					

2 : Présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne toute l'année.

3 : Présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) en période d'été seulement

4 : Présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) toute l'année

$h_{leg,deb\_rafnoc}[été]$	Heure légale (début de pas de temps) de début de période de rafraîchissement nocturne.	h	0	2	3
$h_{leg,deb\_rafnoc}[mis]$					
$h_{leg,fin\_rafnoc}[été]$	Heure légale (début de pas de temps) de fin de fin de période de rafraîchissement nocturne.	h	0	2	3
$h_{leg,fin\_rafnoc}[mis]$					
$\theta_{sd\_dec\_rafnoc}[été]$	Température intérieure (référentiel sonde) de déclenchement du rafraîchissement par surventilation mécanique associée au composant bouche-conduit s.	°C	-20	5	0
$\theta_{sd\_dec\_rafnoc}[mis]$					
$\theta_{sd\_arr\_rafnoc}[été]$	Température intérieure (référentiel sonde) d'arrêt du rafraîchissement par surventilation mécanique.	°C	-20	5	0
$\theta_{sd\_arr\_rafnoc}[mis]$					
$\Delta\theta_{lim\_rafnoc}[été]$	Ecart limite entre les températures mesurées par les sondes intérieure(s) et extérieure(s) pour autoriser le rafraîchissement par surventilation mécanique.	°C	-20	5	0
$\Delta\theta_{lim\_rafnoc}[mis]$					
$\theta_{ext\_rafnoc}[été]$	Température extérieure limite pour autoriser le rafraîchissement par surventilation mécanique.	°C	-20	5	0
$\theta_{ext\_rafnoc}[mis]$					
$P_{vent\_rafnoc\_rep}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise en rafraîchissement par surventilation mécanique.	W	0	+	-
				∞	
$P_{vent\_rafnoc\_souf}$	Puissance électrique du ventilateur de soufflage en rafraîchissement par surventilation mécanique.	W	0	+	
				∞	

Variables internes

Nom	Description	Unité			
$q_{rep,rafnoc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris intégrant les conventions de signe	m ³ /h	-∞	0	-
$q_{souf,rafnoc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé intégrant les conventions de signe	m ³ /h	0	+	-
				∞	
$\theta_{op,act}(h)$	Température opérative d'activation du rafraîchissement par surventilation mécanique (maximum des températures opératives $\theta_{op,fin}^{gr}(h-1)$)	°C			
$\theta_{op,desact}(h)$	Température opérative de désactivation du rafraîchissement par surventilation mécanique (minimum des températures de groupe $\theta_{op,fin}^{gr}(h-1)$)	°C			
$Aut_{tempo}(h)$	Autorisation de rafraîchissement par surventilation mécanique en fonction de la période de l'heure légale.	Ent			
$Aut_{rafinoc}(h)$	Autorisation de rafraîchissement par surventilation mécanique en fonction de la température de sonde extérieure : 0 : non, 1 : oui.	Ent			
$Aut_{fr\_pro}(j)$	Autorisation saisonnière d'activer le rafraîchissement par surventilation mécanique. 0 : Non	Ent			

$i_{\text{rafinocc\_comm}}(h)$	1 : <i>Oui</i> Statut du rafraichissement par surventilation mécanique fonction de la température de sonde intérieure : 0 : <i>pas de besoin en rafraichissement</i>, 1 : <i>besoin en rafraichissement</i>.	Ent
$i_{\text{rafinocc\_comm}}(h-1)$	Statut effectif du rafraichissement par surventilation mécanique fonction de la température de sonde intérieure au pas de temps h-1 : 0 : <i>désactivé</i>, 1 : <i>activé</i>.	Ent
$P_{\text{vent\_rep}}(h)$	Puissance du ventilateur de reprise du système de ventilation au pas de temps h.	W
$P_{\text{vent\_souf}}(h)$	Puissance du ventilateur de soufflage du système de ventilation au pas de temps h.	W

Sorties

Nom	Description	Unité
$i_{\text{rafinocc\_activé}}(h)$	Statut effectif du rafraichissement par surventilation mécanique : 0 : <i>désactivé</i> , 1 : <i>activé</i> .	Ent
~~$i_{\text{freecool\_activé}}(h)$~~	~~Statut effectif du freecooling : 0 : <i>désactivé</i>, 1 : <i>activé</i>.~~	~~Ent~~
$q_{\text{spec,rep}}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris en volume chauffé pour la bouche-conduit g,s.	m ³ /h
$q_{\text{spec,sou}}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique soufflé en volume chauffé pour la bouche-conduit g,s.	m ³ /h
$q_{\text{spec,rep,cond}}^{g,s}(h)$	Débit repris en tenant compte des fuites aérauliques totales dans les conduits	m ³ /h
$q_{\text{spec,sou,cond}}^{g,s}(h)$	Débit soufflés en tenant compte des infiltrations aérauliques totales dans les conduits	m ³ /h
$\delta_{\text{bypass}}(h)$	Statut du bypass pour l'échangeur du composant de ventilation mécanique : 0 : <i>désactivé</i> 1 : <i>activé</i>	Ent
$T_{\text{air\_souffle}}(h)$	Température d'air soufflé en sortie du système de ventilation ou de la CTA.	°C
$W_{\text{ventc}}(h)$	Consommation de ventilateurs du système de ventilation ou de la CTA.	Wh
$P_{\text{prefroid}}(h)$	Puissance nécessaire au prérefroidissement	W
$P_{\text{prechaud}}(h)$	Puissance nécessaire au préchauffage (zone)	W
$P_{\text{chaudHR}}(h)$	Puissance nécessaire à l'humidification à vapeur	W
$P_{\text{chaud,ag}}(h)$	Puissance nécessaire à la sécurité antigel	W

Tableau 75 : Nomenclature du modèle

6.12.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le rafraîchissement par surventilation mécanique est une fonction d'un système de ventilation. A ce titre, les paramètres de gestion/régulation sont définis au niveau du composant ventilation mécanique.

Les algorithmes ci-dessous ne sont pris en compte que si une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique est définie au niveau du composant ventilation mécanique s, c'est-à-dire lorsque $is_{rafinocc}^s =$

- « 1 : présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne en période d'été »
- « 2 : présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne toute l'année »
- « 3 : présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) en période d'été seulement »
- « 4 : présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) toute l'année ».

La prise en compte du rafraîchissement par surventilation mécanique est la même quel que soit l'usage, bien qu'évidemment, la régulation et les dimensionnements soient à adapter.

6.12.3.1 Hypothèses initiales

On fait les hypothèses suivantes :

- Les débits de rafraîchissement par surventilation mécanique sont définis au niveau des bouches-conduits associées au composant ventilation mécanique ou CTA.
 - Si $is_{sout}^{g,s} = 0$ (bouche-conduits de reprise) :
$$q_{rep,rafnoc}^{g,s} = -q_{spec,rep,rafnoc}^s$$
$$q_{sout,rafnoc}^{g,s} = 0 \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (758)$$
 - Si $is_{sout}^{g,s} = 1$ (bouche-conduits de soufflage) :
$$q_{rep,rafnoc}^{g,s} = 0 \text{ (m}^3/\text{h)}$$
$$q_{sout,rafnoc}^{g,s} = q_{spec,sout,rafnoc}^s \quad (759)$$
- Les puissances de ventilateurs associées au rafraîchissement par surventilation mécanique sont définies au niveau de la ventilation mécanique.
- Les paramètres d'activation du rafraîchissement par surventilation mécanique sont définis au niveau du composant ventilation mécanique ou la CTA. Ils sont donc communs à tous les groupes connectés à ce composant. On distingue les consignes en saison de refroidissement des consignes hors saison de refroidissement.
- Si les débits de rafraîchissement par surventilation mécanique s'avèrent plus élevés que les débits d'occupation, la surface d'enveloppe de conduits de ventilation pour les calculs des fuites et des échanges thermiques est recalculée en début de simulation :

$$A_{cond,rep}^{g,s} = MAX(|q_{rep,max}^{g,s}|; |q_{rep,rafnoc}^{g,s}|) \times Rat_{debcond} \quad (760)$$

$$A_{cond,sout}^{g,s} = MAX(|q_{sout,max}^{g,s}|; |q_{sout,rafnoc}^{g,s}|) \times Rat_{debcond} \quad (761)$$

Où $q_{sout,max}^{g,s}$, $q_{rep,max}^{g,s}$ et $Rat_{debcond}$ sont des paramètres définis dans la fiche « C_Ven_Bouches_Conduits ».

6.12.3.2 Régulation saisonnière

Deux types de régulation saisonnière sont prévus :

Cas $is_{rafinocc}^s = \ll 1 : \text{présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne en période d'été seulement} \gg$ ou $is_{rafinocc}^s = \ll 3 : \text{présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) en période d'été seulement} \gg$

L'autorisation saisonnière d'activer le rafraîchissement par surventilation mécanique est alors déterminée jour par jour :

Si $MIN_{gr \leftrightarrow s}(Aut_{fr\_pro}^{gr}(j)) = \ll 1 : \text{en saison de refroidissement} \gg$

$Aut_{fr\_pro}(j) = \ll 1 : \text{Oui} \gg$

(762)

Sinon,

$Aut_{fr\_pro}(j) = \ll 0 : \text{Non} \gg$

Les consignes de températures d'heure légales sont les consignes d'indice « été » (pour saison de refroidissement).

(763)

Cas $is_{rafinocc}^s = \ll 2 : \text{présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne toute l'année} \gg$ ou $is_{rafinocc}^s = \ll 4 : \text{présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) toute l'année} \gg$

L'autorisation saisonnière d'activer le rafraîchissement par surventilation mécanique est à « 1 : Oui » toute l'année, mais on doit chaque jour déterminer quel jeu de données de consigne utiliser :

$Aut_{fr\_pro}(j) = \ll 1 : \text{Oui} \gg$

(764)

Si $MIN_{gr \leftrightarrow s}(Aut_{fr\_pro}^{gr}(j)) = \ll 1 : \text{en saison de refroidissement} \gg$, les consignes de températures d'heure légales sont les consignes d'indice « été » (pour saison de refroidissement).

(765)

Sinon, ($MIN_{gr \leftrightarrow s}(Aut_{fr\_pro}^{gr}(j)) = \ll 0 : \text{hors saison de refroidissement} \gg$), les consignes de températures et d'heure légales sont les consignes d'indice « mis » (pour mi-saison).

6.12.3.3 Régulation heure par heure

L'activation du rafraîchissement par surventilation mécanique dépend de la variable $i_{rafnoc\_active}(h)$, calculée au niveau de la centrale de ventilation ou la CTA d'indice s .

$$i_{rafnoc\_active}(\square) = Aut_{fr\_pro}(j) \times Aut_{tempo}(\square) \times Aut_{rafnoc}(\square) \times i_{rafnoc\_comm}(\square) \quad (766)$$

L'activation du rafraîchissement nocturne dépend de l'heure (activation uniquement en période de nuit au sens de la temporisation), contrairement au mode freecooling qui peut être activé aussi bien de jour que de nuit.

Si $is_{rafinocc}^s = 1$ ou si $is_{rafinocc}^s = 2$, alors on procède comme suit :

On vérifie dans un premier temps qu'on se situe bien en période nuit au sens de la temporisation, dans laquelle le rafraîchissement nocturne est autorisé. Cette période est définie par l'utilisateur. L'heure de début et l'heure de fin, formulées en heure légale au début du pas de temps, doivent être comprises entre 21 et 23h ou 0 et 8h. L'heure de fin doit être ultérieure à l'heure de début.

Test de cohérence en début de simulation :

Si $h_{leg\_deb,rafnoc} > 8h$ ET $h_{leg\_deb,rafnoc} < 21h$:

(767)

Message d'erreur : « L'heure légale de début de période de rafraîchissement nocturne doit être comprise entre 21h et 8h ».

Si $h_{leg\_fin,rafnoc} > 8h$ ET $h_{leg\_fin,rafnoc} < 21h$:

Message d'erreur : « L'heure légale de fin de période de rafraîchissement nocturne doit être comprise entre 21h et 8h ».

Si $h_{leg\_fin,rafnoc} \geq 21h$ ET $h_{leg\_deb,rafnoc} \geq 21h$ ET $h_{leg\_fin,rafnoc} < h_{leg\_deb,rafnoc}$
OU

Si $h_{leg\_fin,rafnoc} \leq 8h$ ET $h_{leg\_deb,rafnoc} \leq 8h$ ET $h_{leg\_fin,rafnoc} < h_{leg\_deb,rafnoc}$
OU

Si $h_{leg\_fin,rafnoc} \geq 21h$ ET $h_{leg\_deb,rafnoc} \leq 8h$:

Message d'erreur : « Sur la période nuit (21h à 8h), l'heure légale de fin de période de rafraîchissement nocturne doit être ultérieure à l'heure légale de début. »

L'algorithme heure par heure est le suivant :

Autorisation en fonction de l'heure (temporisation) :

Cas $h_{leg\_fin,rafnoc} \geq h_{leg\_deb,rafnoc}$:

si $h_{leg}(h) \geq h_{leg\_deb,rafnoc}$ ET $h_{leg}(h) \leq h_{leg\_fin,rafnoc}$,
alors,

$Aut_{tempo}(h) = \ll 1: Oui \gg$

(768)

Sinon,

$Aut_{tempo}(h) = \ll 0: Non \gg$

Cas $h_{leg\_fin,rafnoc} < h_{leg\_deb,rafnoc}$:

si $h_{leg}(h) \geq h_{leg\_deb,rafnoc}$ OU $h_{leg}(h) \leq h_{leg\_fin,rafnoc}$,
alors,

$Aut_{tempo}(h) = \ll 1: Oui \gg$

(769)

Sinon,

$Aut_{tempo}(h) = \ll 0: Non \gg$

Sinon, Si $is_{rafinocc}^s = 3$ ou si $is_{rafinocc}^s = 4$, alors

$Aut_{tempo}(h) = \ll 1: Oui \gg$

(770)

Note: les paramètres $h_{leg\_deb,rafnoc}$ et $h_{leg\_fin,rafnoc}$ sont inutilisés dans ce cas.

On analyse ensuite le besoin et le potentiel de rafraîchissement par surventilation mécanique :

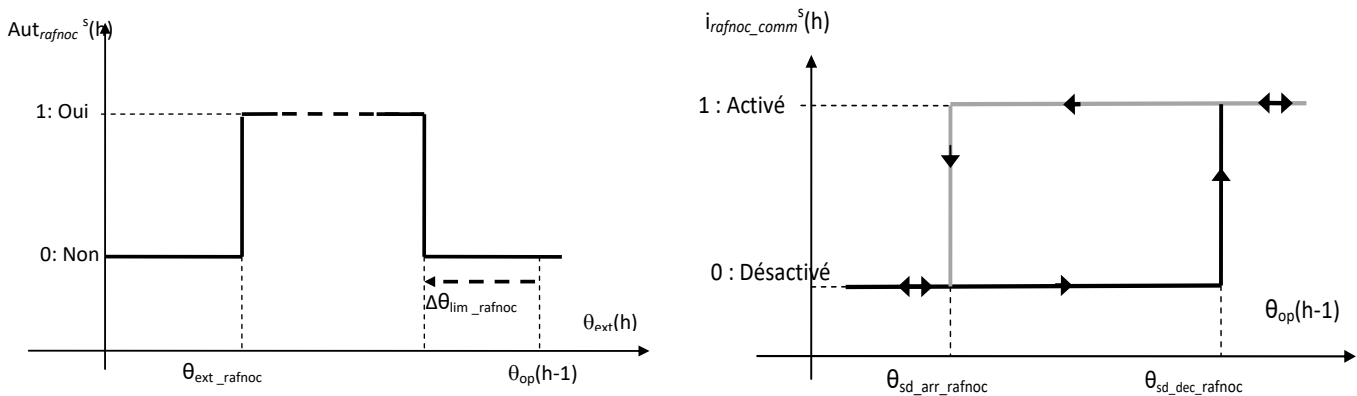


Figure 81: logique de régulation du rafraîchissement par surventilation mécanique en inoccupation

Les consignes de températures θ_{ext_rafnoc} , $\Delta\theta_{lim\_rafnoc}$, $\theta_{sd\_dec\_rafnoc}$ et $\theta_{sd\_arr\_rafnoc}$ sont des paramètres

intrinsèques définis pas l'utilisateur, d'une part en saison de refroidissement, d'autre part hors saison de refroidissement.

Notes :

- le cas d'une absence de mesure de température intérieure peut être modélisé en abaissant les consignes de températures $\theta_{sd\_dec\_rafnoc}$ et $\theta_{sd\_arr\_rafnoc}$ à -20°C .
- Le cas d'une absence de sécurité sur la température extérieure peut être modélisé en abaissant les consignes θ_{ext_rafnoc} et $\Delta\theta_{lim\_rafnoc}$ à -20°C .
- L'absence des deux revient à un cas en temporisation seule : la température intérieure peut alors dériver fortement et engendrer des surconsommations.

Soient :

$$\theta_{op,act}(h) = MAX_{gr \leftrightarrow s}(\theta_{op,fin}^{gr}(h-1)) \quad (771)$$

$$\theta_{op,desact}(h) = MIN_{gr \leftrightarrow s}(\theta_{op,fin}^{gr}(h-1)) \quad (772)$$

L'algorithme de gestion/régulation est le suivant :

Autorisation en fonction de la température extérieure :

Si $\theta_{an}(h) \geq \theta_{ext\_rafnoc}$ et $\theta_{an}(h) \leq \theta_{op,act}(h) - \Delta\theta_{lim\_rafnoc}$, alors,

$$Aut_{rafnoc}(h) = \ll 1: \text{Oui} \gg \quad (773)$$

Sinon,

$$Aut_{rafnoc}(h) = \ll 0: \text{Non} \gg$$

Activation en fonction de la température intérieure du groupe :

Si $[\theta_{op,desact}(h) \geq \theta_{sd\_arr\_rafnoc}]$ ET $[\theta_{op,act}(h) \geq \theta_{sd\_dec\_rafnoc}$ OU $i_{rafnoc\_comm}(h-1) = \ll 1: \text{besoin en rafr.} \gg]$, alors,

$$i_{rafnoc\_comm}(h) = \ll 1: \text{besoin en rafraichissement} \gg,$$

(774)

Sinon,

$$i_{rafnoc\_comm}(h) = \ll 0: \text{pas de besoin en rafraichissement} \gg,$$

6.12.3.4 Débits appliqués heure par heure

Les débits appliqués en rafraichissement par surventilation mécanique ne prennent pas en compte de coefficient de dépassement C_{dep} ou de coefficient de réduction de débit C_{rdbnr} . On intègre cependant les fuites aérauliques :

Si $i_{rafnoc\_active}(h) = \ll 1: \text{activé} \gg$, alors,

$$\begin{cases} q_{spec\_repris}^{g,s}(h) = q_{rep,rafnoc}^{g,s} + Rat_{fuitevc} \times q_{rep,fuites}^{g,s} \\ q_{spec\_souffle}^{g,s}(h) = q_{soufflé,rafnoc}^{g,s} + Rat_{fuitevc} \times q_{soufflé,fuites}^{g,s} \\ \begin{cases} q_{repris,cond}^{g,s}(h) = q_{rep,rafnoc}^{g,s} + q_{rep,fuites}^{g,s} \\ q_{souffle,cond}^{g,s}(h) = q_{soufflé,rafnoc}^{g,s} + q_{soufflé,fuites}^{g,s} \end{cases} \end{cases} \quad (775)$$

Sinon, $(i_{rafnoc\_active}(h) = \ll 0: \text{désactivé} \gg)$,

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche *C_Ven_Bouches_Conduits*.

Les débits de fuites $q_{rep,fuites}^{g,s}$, $q_{souff,fuites}^{g,s}$ et le ratio de fuites en volume chauffé $Rat_{fuitevc}$ sont déterminés dans la fiche *C_Ven_Bouches_Conduits*.

Note : en CTA DAV ou CTA DAC à Température Variable, les débits repris et soufflés ne sont pas recalculés pour prendre en compte un éventuel besoin de froid. On considère par hypothèse que le débit de rafraichissement par surventilation mécanique et les conditions de fonctionnement définies par l'utilisateur ne conduisent dans aucun cas à un besoin de refroidissement après calcul des températures intérieures

6.12.3.5 *Activation du bypass de l'échangeur*

Dans le cas d'une centrale de ventilation intégrant un échangeur thermique on considère que le bypass est activé pour permettre le rafraichissement par surventilation mécanique :

$$\begin{aligned} &\text{Si } i_{\text{rafnoc\_active}}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg, \text{ alors,} \\ &\quad \delta_{\text{bypass}}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg \\ &\text{Sinon,} \end{aligned} \tag{776}$$

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC double-flux

6.12.3.6 *Taux d'air neuf de la boîte de mélange*

Le taux d'air neuf est systématiquement fixé à 100% dans le cas du rafraichissement par surventilation mécanique. Pour les CTA en cas de recyclage cela impose :

$$\begin{aligned} &\text{Si } i_{\text{rafnoc\_activé}}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg, \text{ alors,} \\ &\quad q_{m,\text{Air\_neuf}}^S(h) = q_{m,\text{souffle\_cond}}^S(h) \\ &\text{Sinon,} \end{aligned} \tag{777}$$

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC double-flux.

6.12.3.7 *Désactivation du prétraitement/traitement de l'air soufflé*

Dans le cas d'une CTA, l'ensemble des fonctions d'antigel, de préchauffage, de prérefroidissement et d'humidification sont désactivées :

$$\begin{aligned} &\text{Si } i_{\text{rafnoc\_activé}}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg, \text{ alors,} \\ &\quad T_{\text{Air\_soufflé}}(h) = T_{\text{souf,prefroid}}(h) = T_{\text{souf,hum}}(h) = T_{\text{souf,prechaud}}(h) = T_{\text{souf}2}(h) \\ &\quad P_{\text{électrique,HRvapeur}}(h) = P_{\text{prefroid}}(h) = P_{\text{prechaud}}(h) = P_{\text{chaud,ag}}(h) = 0 \text{ (W)} \\ &\text{Sinon,} \end{aligned} \tag{778}$$

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC double-flux.

6.12.3.8 *Consommations électriques des ventilateurs*

Pour les systèmes de ventilation simple flux, double flux et les CTA DAC :

$$\begin{aligned} &\text{Si } i_{\text{rafnoc\_activé}}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg, \text{ alors,} \\ &\quad P_{\text{vent\_rep}}(h) = P_{\text{vent\_rafnoc\_rep}} \\ &\quad P_{\text{vent\_souf}}(h) = P_{\text{vent\_rafnoc\_souf}} \\ &\text{Sinon, } (i_{\text{rafnoc\_activé}}(h) = \ll 0 : \text{désactivé} \gg), \\ &\quad \text{Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC} \\ &\quad \text{double-flux.} \end{aligned} \tag{779}$$

La consommation électrique des ventilateurs est la somme de ces deux puissances intégrées sur une heure :

$$W_{\text{vent}}(h) = P_{\text{vent\_rep}}(h) + P_{\text{vent\_souf}}(h) \text{ (x 1h)} \tag{780}$$

7. ECLAIRAGE

7.1 C_ECL_éclairage

7.1.1 INTRODUCTION

Pour calculer la consommation d'énergie due à l'éclairage artificiel, la méthode réglementaire pour tous les modes B, C et D, calcule la consommation liée, d'une part, à la durée d'utilisation de l'éclairage artificiel, d'autre part, aux équipements de gestion de l'éclairage artificiel le cas échéant. tient compte de :

- Deux puissances électriques installées sont prises en compte :
 - La puissance électrique surfacique correspondant au régime de fonctionnement normal des lampes, sans baisse de puissance due à la gradation, dans le local considéré.

La puissance électrique surfacique correspondant au fonctionnement des appareillages et périphériques de gestion lorsque les lampes sont éteintes.

La méthode utilise une puissance installée de référence dans le résidentiel.

La durée d'utilisation de l'éclairage artificiel dépend de la gestion, de l'occupation et de l'exigence de confort visuel des occupants. Pour calculer cette durée d'utilisation la méthode utilise :

- une matrice de coefficients C1 dont les valeurs dépendent des modes de gestion de l'éclairage et du taux d'occupation effectif des locaux.
- Le coefficient C2 module le recours à l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairement naturel intérieur.

La méthode tient compte de deux modes de gestion marche-arrêt par détection du franchissement d'un seuil d'éclairement :

- Mode marche et arrêt automatiques : l'allumage et l'extinction sont effectués automatiquement lorsque le seuil d'éclairement est franchi.
- Mode arrêt automatique : seule l'extinction est effectuée automatiquement lorsque le seuil d'éclairement est dépassé.

Afin de prendre en compte différents systèmes de gestion et l'accès à l'éclairage naturel de parties spécifiques d'un groupe, la notion de local est introduite :

- un local a une puissance d'éclairage artificiel spécifique,
- un local dispose d'un seul mode de mise en marche et d'extinction de l'éclairage, ce qui se traduit par une valeur de C1 spécifique à ce local,
- tout ou partie de la surface d'un local peut avoir ou non accès à l'éclairement naturel,
- Si seulement une partie du local a accès à l'éclairement naturel, il peut y avoir une gestion de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle uniquement dans cette partie du local (fractionnement ou « zonage » de l'installation). On définit donc deux coefficients C2 par local.
- Le système de gestion fractionné gère indépendamment la partie ayant accès à l'éclairement naturel et la partie n'y ayant pas accès. Lorsque le système n'est pas fractionné, c'est la

partie sans accès à l'éclairage naturel qui impose le fonctionnement de l'éclairage artificiel pour l'ensemble du local.

Les flux lumineux de chaque baie ont été cumulés par type de baie, de 0 à 2, et par type de flux, de 1 à 3. Les contributions lumineuses sont donc regroupés par type de baie et non par local. Leur affectation à un local du groupe se fait au prorata de la surface du local ayant accès à l'éclairage naturel. Cependant, il convient de distinguer les types de baie 0 et 1 qui ne peuvent être présentes que dans des grands volumes du type 1 que l'on rencontre uniquement dans d'autres locaux. De la sorte, l'éclairage affecté à des grands volumes ne peut être attribué à d'autres locaux. Ainsi il existe une opacité entre locaux de grand volume et les autres locaux.

Précision sur le calcul de l'éclairage naturel intérieur.

A chaque pas de temps, la méthode réglementaire évalue le niveau d'éclairage intérieur à partir du rayonnement incident sur la baie et son efficacité lumineuse, les caractéristiques de la baies et les caractéristiques géométriques du local. Une fois l'éclairage naturel estimé, on en déduit selon une régression empirique le taux d'utilisation de l'éclairage artificiel. Celui dépend également du système de commande de l'éclairage artificiel et de l'usage du local.

Il convient de rappeler que la méthode est construite selon une approche zonale qui découpe le bâtiment en zones soumises à des sollicitations thermiques homogènes et aux moyens de compenser les besoins thermiques en chauffage et en refroidissement similaires. Or le confort visuel, qui sert de fond théorique à la relation de causalité entre niveau d'éclairage et usage de l'éclairage artificiel, répond à une segmentation spatiale différente et plus fine au niveau du local.

La méthode nécessite de distinguer la contribution des flux lumineux à l'éclairage naturel du local selon la nature du rayonnement (direct, diffus, réfléchi) et selon la position ou la part de la baie éclairée ou encore selon la capacité de la baie verticale à éclairer de façon uniforme ou non. Une fois les flux calculés pour chaque baie ils sont cumulés pour chaque groupe en fonction des types de baies puis ils sont transmis au module éclairage pour déterminer l'éclairage naturel intérieur de chaque local du groupe, de manière à déterminer l'autonomie en éclairage artificiel et la consommation associée.

Il ressort que pour chaque groupe, l'une ou l'autre des matrices de flux lumineux suivante sera disponible :

Caractéristiques des locaux du groupe	Type de baie selon inclinaison et répartition des baies	Flt1	Flt2	Flt3	dimension de la matrice
Le groupe possède uniquement des locaux de volumes normaux	Type 1 quelle que soit l'inclinaison et la répartition i nombre de baies du groupe de type 1	$\Sigma_i \text{Flt1-1}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-1}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-1}_i$	1*3
Le groupe possède uniquement des locaux de grands volumes dont les éclairants zénithaux ne permettent pas un éclairage uniforme de chacun des locaux	Type 2 : baies horizontales et verticales i nombre de baies du groupe de type 1	$\Sigma_i \text{Flt1-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-2}_i$	1*3
Le groupe possède uniquement des locaux de grands volumes dont les éclairants zénithaux permettent un éclairage uniforme de chacun des locaux	Type 0 baies horizontales réparties de façon à éclairer uniformément le local. i nombre de baies du groupe de type 0	$\Sigma_i \text{Flt1-0}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-0}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-0}_i$	1*3 si uniquement des baies horizontales sinon 2*3
	Type 2 baies verticales i nombre de baies du groupe de type 2	$\Sigma_i \text{Flt1-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-2}_i$	

Le groupe possède des locaux de volumes normaux et un ou plusieurs locaux de grands volumes dont les éclairants zénithaux ne permettent pas un éclairage uniforme de chacun des locaux de grands volumes	Pour les volumes normaux Type 1 quelle que soit l'inclinaison et la répartition i nombre de baies du groupe de type 1	$\Sigma_i \text{Flt1-1}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-1}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-1}_i$	2*3
	Pour les grands volumes Type 2 : baies horizontales et verticales i nombre de baies du groupe de type 1	$\Sigma_i \text{Flt1-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-2}_i$	
Le groupe possède des locaux de volumes normaux et un ou plusieurs locaux de grands volumes dont les éclairants zénithaux permettent un éclairage uniforme de chacun des locaux de grands volumes	Pour les volumes normaux Type 1 quelle que soit l'inclinaison et la répartition i nombre de baies du groupe de type 1	$\Sigma_i \text{Flt1-1}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-1}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-1}_i$	3*3 ou 2*3 si les grands volumes ne sont pas équipés de baies verticales
	Type 0 baies horizontales réparties de façon à éclairer uniformément le local. i nombre de baies du groupe de type 0	$\Sigma_i \text{Flt1-0}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-0}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-0}_i$	
	Pour les grands volumes Type 2 : baies verticales i nombre de baies du groupe de type 1	$\Sigma_i \text{Flt1-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt2-2}_i$	$\Sigma_i \text{Flt3-2}_i$	

Tableau 76 : matrices des flux lumineux disponibles pour chaque groupe

Une fois l'éclairage naturel intérieur sur le plan de travail disponible par type de locaux dans un groupe est connu il doit être réparti dans chaque local. La répartition se fait au prorata des surfaces pour la partie des locaux ayant accès à l'éclairage naturel intérieur.

Les limites :

Le découpage : La méthode développée n'autorise pas la présence dans un même groupe de locaux de grands volumes éclairés uniformément par des éclairants de toiture et des locaux de grands volumes non éclairés de façon uniforme par des éclairants de toiture.

Les baies horizontales : dès lors qu'un local de grand volume est éclairé de façon uniforme par les baies horizontales, toutes les baies horizontales sont supposées contribuer à cette éclairage naturel uniforme. La coexistence de baies horizontales contribuant à l'éclairage naturel uniforme du grand volume avec des baies horizontales ne contribuant pas à l'éclairage naturel uniforme du grand volume n'est pas autorisée.

Homogénéité de l'éclairage : dans les locaux de grand volume avec éclairants de toiture répartis de façon uniforme, l'éclairage naturel intérieur est supposé homogène dans tout le local. Ainsi la contribution des baies verticales, le cas échéant, contribue de la même manière à l'éclairage naturel de l'ensemble du local. Il n'est pas considéré une contribution plus importante à proximité de la baie verticale. En conséquence l'absence de système d'éclairage fractionné, pour ces locaux, tenant compte d'une répartition différente de la lumière naturelle, du fait de la présence de baies verticales, n'est pas pénalisé.

7.1.1.1 Types de bâtiments visés

Cette méthode est applicable à tous les bâtiments.

Pour les Bâtiments à usage d'habitation- maison individuelle et accolée et Bâtiment à usage d'habitation- logement collectif, le système d'éclairage est conventionnel pour le calcul des coefficients Bbio et C.

Pour les chambres des usages d'enseignement secondaire (partie nuit), Bâtiment à usage d'habitation – établissement sanitaire avec hébergement et hôtel partie nuit, le système d'éclairage est conventionnel pour le calcul des coefficients Bbio et C.

7.1.1.2 Quel éclairage prendre en compte ?

L'éclairage pris en compte correspond à celui nécessaire aux activités des occupants à l'intérieur des locaux chauffés.

Les éclairages suivants ne doivent pas être pris en compte lors de l'application de la méthode :

- l'éclairage extérieur,
- l'éclairage de sécurité,
- l'éclairage destiné à mettre en valeur des objets ou des marchandises. Cette dernière catégorie couvre :
 - les objets d'art tels que les peintures, les sculptures, les objets d'art avec un éclairage incorporé (lustres...) mais pas les luminaires décoratifs,
 - l'éclairage localisé destiné à mettre en valeur les tables de restaurant.
- l'éclairage spécialisé destiné à la réalisation de process particuliers. Il n'est pas possible de fournir une liste exhaustive de ces éclairages particuliers mais ils couvrent notamment : l'éclairage de scène dans les locaux utilisés pour le spectacle et les loisirs sous réserve que cet éclairage vienne en complément d'un éclairage général et qu'il soit commandé par un système de commande dédié accessible au seul personnel autorisé.

La méthode de prise en compte de l'éclairage des parkings est décrite au chapitre 10.4.

7.1.1.3 *Types de calcul*

Eclairage pour le calcul du coefficient Bbio :

Voir §7.1.3.1

Eclairage pour le calcul du coefficient Cep :

Voir §7.1.3.2

Valeurs conventionnelles

- ratio de la surface totale des parois du groupe à la surface utile du groupe $R_{A,AT}^{gr}$, fixé à 4,5,
- coefficients de réflexion lumineuse des parois du groupe,
- facteur de forme entre une paroi et le plan utile,
- ratio de récupération sous forme convective des apports d'éclairage, fixé à 0,5,
- ratio de récupération sous forme radiative des apports d'éclairage, fixé à 0,5,
- part non récupérée des apports d'éclairage, fixée à 0.

pour la zone commerce, magasin, zones commerciales : Efficacité lumineuse conventionnelle pour le calcul de la puissance d'éclairage au-dessous de laquelle un éclairage mobilier est nécessaire pour les locaux aire de vente, fixé à 80 l/W,

- pour la zone commerce, magasin, zones commerciales : Puissance électrique conventionnelle de l'éclairage pour le calcul de la puissance d'éclairage au-dessous de laquelle un éclairage mobilier est nécessaire pour les locaux aire de vente fixée à 20 W/m²,
- pour la zone commerce, magasin, zones commerciales : Puissance de l'éclairage 'mobilier' du projet pour les locaux petits magasins fixée à 50 W/m²

7.1.1.4 *Les types de locaux*

Le paramètre type_bat en entrée du Tableau 78 est renseigné automatiquement d'après l'usage défini au niveau de la zone.

7.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 77 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de consommation d'éclairage.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
Flt_1(0)	Flux lumineux entrant sous forme directe par les baies de type 0	lm
Flt_2(0)	Flux lumineux entrant sous forme hémisphérique par les baies de type 0	lm
Flt_3(0)	Flux lumineux entrant sous forme semi hémisphérique orienté vers le plafond par les baies de type 0	lm
Flt_1(1)	Flux lumineux entrant sous forme directe par les baies de type 1	lm
Flt_2(1)	Flux lumineux entrant sous forme hémisphérique par les baies de type 1	lm
Flt_3(1)	Flux lumineux entrant sous forme semi hémisphérique orienté vers le plafond par les baies de type 1	lm
Flt_1(2)	Flux lumineux entrant sous forme directe par les baies de type 2	lm
Flt_2(2)	Flux lumineux entrant sous forme hémisphérique par les baies de type 2	lm
Flt_3(2)	Flux lumineux entrant sous forme semi hémisphérique orienté vers le plafond par les baies de type 2	lm
I _{Ecl}	Indice de fonctionnement de l'éclairage de la zone dans laquelle se situe le groupe 0 = éclairage artificiel non autorisé 1 = éclairage artificiel autorisé <i>Cet indice correspond aux plages d'occupation données par les scénarios conventionnels.</i>	-
Jour_astro	Indicateur du jour au sens astronomique : 1 : le soleil est au-dessus de l'horizon, période de jour, 0 : le soleil est sous l'horizon, période de nuit	-
Nbh_occ_Einat_sup(t-1)	Nombre d'heures pendant lesquelles E _{inat} est supérieur à un seuil en occupation de jour au pas précédent	h
Nbh_occ_Einat_inf(t-1)	Nombre d'heures pendant lesquelles E _{inat} est inférieur à un seuil en occupation de jour au pas précédent	h
Nbh_occ_nuit(t-1)	Nombre d'heures en occupation de nuit	h
Type-baie-l	C'est le type de baie, baie associée à un volume normal (VN) type 2, à un grand volume et horizontale (GV) type 0 et à un grand volume horizontal qui contribue à l'éclairage uniforme du grand volume (GVU) type 1	
Type_volume	C'est le type de volume grand volume ou autre	
Paramètres d'intégration du composant		

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
type_local,l	Type de local (voir Tableau 78)	-	-	-	-
A _{gr}	Surface utile du groupe	m ²	-	-	-
Ratio _{local,l}	Part de la surface du local l dans celle du groupe	-	0	1	-
Ratio _{écl_nat,l}	part du local ayant accès à la lumière naturelle (cette valeur est égale à 1 pour les locaux avec baies de type 1)	-	0	1	-
Fr _{Grad_ecl,l}	Fractionnement du type de gestion en fonction de l'éclairage naturel 0= gestion non fractionnée de l'éclairage, indice spécifique à l'habitation 1 = gestion non fractionnée de l'éclairage dans le local 2 = gestion fractionnée de l'éclairage dans le local	-	0	2	
Seuil _{auto_lumi}	Seuil d'autonomie lumineuse du groupe	lux	0	-	300

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
P _{ecl_tot,l}	Puissance surfacique totale d'éclairage installée à poste fixe dans le local l (lampes allumées, appareillages d'alimentation et périphériques de gestion) <i>Correspond aux périodes d'occupation</i>	W/m ²	0	-	-
P _{ecl_aux,l}	Puissance surfacique totale des appareillages et périphériques de gestion de l'éclairage artificiel dans le local l. <i>Correspond aux périodes d'inoccupation</i>	W/m ²	0	-	-
Eff _{immo_projet}	zones commerce, magasin, zones commerciales : Efficacité lumineuse des lampes de l'éclairage immobilier du projet pour les locaux aire de vente et les petits magasins :				20
	halogène	lm/W	0	-	70
	fluocompacte				80
	fluorescente				90
	halogénures métalliques				110
	sodium haute pression				
Gest _{ecl,l}	Mode de commande de l'éclairage artificiel du local l : 0 = pas de commande manuelle ni de détection d'occupation (éclairage permanent pendant les plages d'occupation) 1 = Interrupteur manuel marche/arrêt 2 = Interrupteur manuel marche/arrêt et programmation horaire (horloge) 3 = Marche et arrêt automatiques par détection de présence et d'absence 4 = Marche manuelle et arrêt automatique par détection d'absence	-	0	4	

Mode de gestion de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairage naturel dans le local l :

0 = gestion impossible avec la lumière du jour
 1 = gestion manuelle de la lumière du jour par interrupteur marche-arrêt
 2 = gradation automatique assurant un éclairage constant sur la zone de tâche
 3 = allumage et extinction automatiques par détection de franchissement d'un seuil de éclairage.
 4 = extinction automatique par détection de franchissement d'un seuil de éclairage.

Grad_ecl,l	2 = gradation automatique assurant un éclairage constant sur la zone de tâche 3 = allumage et extinction automatiques par détection de franchissement d'un seuil de éclairement. 4 = extinction automatique par détection de franchissement d'un seuil de éclairement.	-	0	4
Eff_ecl_immo_projet	zone de bureaux : densité de puissance de l'éclairage immobilier du projet pour les locaux de bureaux	W/m²/100 lux	0	-
Eff_ecl_mob	Zone de bureaux : densité de puissance de l'éclairage mobilier du projet pour les locaux de bureaux	W/m²/100 lux		
Eiproj	Zone bureaux : Eclairage requis du projet pour les locaux de bureaux	Lux	0	-

Sorties

Nom	Description	Unité
CECL_local	Consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'un local sur une heure	Wh
CECL_GR	Consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'un groupe sur une heure	Wh
FeclC	Flux convectif récupérable de l'éclairage artificiel	Wh
FeclR	Flux radiatif récupérable de l'éclairage artificiel	Wh
FeclNE	Flux récupérable de l'éclairage artificiel non émis dans le local	Wh
Nbh_occ_Einat_sup	Nombre d'heures pendant lesquelles E_{inat} est supérieur à un seuil en occupation de jour	h
Nbh_occ_Einat_inf	Nombre d'heures pendant lesquelles E_{inat} est inférieur à un seuil en occupation de jour	h
Nbh_occ_nuit	Nombre d'heures en occupation de nuit	h
Nbh_ecl_non_aut	Nombre d'heures pendant lequel l'éclairage est non autorisé	h
Taux_occ_einat_sup	Ratio du nombre d'heures pendant lesquelles E_{inat} est supérieur à un seuil en occupation de jour	-
Taux_eclnat	Ratio des surfaces du groupes ayant accès à la lumière naturelle	-
Taux_fond_local	Ratio des surfaces du groupes étant situées en fond de local profond	-
Taux_pas_eclnat	Ratio des surfaces du groupes n'ayant pas accès à la lumière naturelle	-
Grp_sans_accès	Indicateur de groupe sans accès à l'éclairage naturel	-

Grp_accès_mixed	Indicateur de groupe avec une partie sans accès à l'éclairage naturel et une partie avec accès	-
Grp_accès_total	Indicateur de groupe ayant un accès complet à l'éclairage naturel	-

Variables internes

Nom	Description	Unité			
$A_{local,l}$	Surface du local l	m ²			
$A_{eclnat01}$	Type_baie=0 ou 1 Surface du groupe ayant accès à la lumière naturelle	m ²			
$A_{eclnat0}$	Type baie= 0 Surface du groupe ayant accès à la lumière naturelle	m ²			
$A_{eclnat2}$	Type baie= 2: surface du groupe ayant accès à la lumière naturelle	m ²			
E_{iref}	Eclairement intérieur de référence pour le type de local considéré Les valeurs sont données dans le Tableau 78, issues des valeurs d'éclairement à maintenir sur la surface de référence de la zone de tâche. Ces valeurs sont spécifiées dans la norme NF EN 12464-1	lux			
E_{imax_grad}	Eclairement naturel maximum au-delà duquel le système d'éclairage avec gradateur ne consomme plus d'énergie	lux	+ inf		
CTRL_ecl_occ(h)	commande de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation et en l'absence d'éclairage naturel		0	1	
CTRL_ecl-einat	Commande de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairement naturel en occupation		0	1	
Part-resid_grad	Part correspondant à la puissance résiduelle du gradateur sur la puissance totale d'éclairage		0	1	0.15
C1	coefficient correspondant au taux d'utilisation de l'éclairage en l'absence d'éclairage naturel	-	0	1	
C2	coefficient correctif de C1 pour les locaux bénéficiant d'éclairage naturel <i>Facteur de dépendance de l'éclairage artificiel à la lumière naturelle</i>	-			
C2 _{ae}	Coefficient C2 pour la partie du local ayant accès effectif à l'éclairement naturel	-			
C2 _{pae}	Coefficient C2 pour la partie du local n'ayant pas accès effectif à l'éclairement naturel	-			
Romoyen	coefficient de réflexion lumineuse moyen des parois				
$E_{inat_{baiedif}(n)}$	éclairement du plan utile par l'éclairement diffus du ciel en provenance des baies avec n=0 à 5				
$E_{inat_{plafref}(n)}$	éclairement du plan utile par le plafond éclairé par le rayonnement réfléchi du sol n=0 à 5				
$E_{inat_{inter}(n)}$	éclairement du plan utile par les interréflections sur les parois n=0 à 5				
Flteq(2)	flux lumineux équivalent correspondant aux interréflections relatif à la partie au dessus du plan utile des baies				
Flteq(0),	flux lumineux équivalents correspondants aux interréflections relatif aux éclairants de grand volume non répartis uniformément				

Flteq(1)	Flux lumineux équivalent correspondant aux interréllections relatif aux éclairants de toiture uniformément répartis	lm
Einat ₍₀₎	Eclairement du plan utile par les éclairants type_baie =0	
Einat ₍₁₎	Eclairement du plan utile par les éclairants type_baie =1	
Einat ₍₂₎	Eclairement du plan utile par les éclairants type_baie =2	

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
R ^{gr} _{A,AT}	Ratio de la surface totale des parois du groupe à la surface utile du groupe	-	4,5
C _{rec_ecl_conv}	Récupération sous forme convective des apports d'éclairage	-	0,5
C _{rec_ecl_rad}	Récupération sous forme radiative des apports d'éclairage	-	0,5
C _{rec_ecl_non_emis}	Part non récupérée des apports d'éclairage	-	0,0
E _{i_min}	Eclairement naturel minimum en-deçà duquel l'éclairage artificiel est indispensable Locaux divisés Type_baie= 2	lux	0 +inf. 100
R _{oplafond_pv}	coefficient de réflexion lumineuse du plafond		0.7
R _{omurs_pv}	coefficient de réflexion lumineuse des murs		0.5
R _{osol_pv}	coefficient de réflexion lumineuse du sol		0.2
R _{mursol_pv}	ratio de la surface des murs à la surface du sol Locaux de grands volumes Type_baie= 0 et 1		2.5
R _{oplafond_gv}	coefficient de réflexion lumineuse du plafond		0.5
R _{omurs_gv}	coefficient de réflexion lumineuse des murs		0.5
R _{osol_gv}	coefficient de réflexion lumineuse du sol		0.2
R _{mursol_gv}	ratio de la surface des murs à la surface du sol Pour les éclairants répartis uniformément Type baie= 1		0.5
FF _{bpu}	Facteur de forme entre une baie et le plan utile		0.8
FF _{plpu}	Facteur de forme entre le plafond et le plan utile Pour les autres éclairants : type baie= 0 et/ou 2		0.9
FF _{bpu_h}	Facteur de forme entre une baie et le plan utile		0.4
FF _{plpu_h}	Facteur de forme entre le plafond et le plan utile		0.8
K _{1gvu}	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT1 pour une baie de type 1		
K _{2gvu}	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT2 pour une baie de type 1		
K _{3gvu}	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT3 pour une baie de type 1		
K _{1gv}	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT1 pour une baie de type 0		
K _{2gv}	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT2 pour une baie de type 0		
K _{3gv}	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT3 pour une baie de type 0		

K1vn	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT1 pour une baie de type 2
K2vn	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT2 pour une baie de type 2
K3vn	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT3 pour une baie de type 2

Tableau 77 : Nomenclature du modèle

7.1.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

7.1.3.1 Calcul de la puissance d'éclairage totale, $P_{ecl\_tot,l}$, pour Th-B

si Type_bat = Bâtiment à usage d'habitation- maison individuelle ou accolée, Bâtiment à usage d'habitation- logement collectif

$$P_{ecl\_tot} = 1 \quad W/m^2 \quad (781)$$

$$P_{ecl\_aux,l} = 0 \quad W/m^2$$

$$Gest\_ecl = 1$$

$$Grad\_ecl = 1$$

$$fr\_Grad\_Ecl = 0$$

Sinon

$$P_{ecl\_tot} = 2 * E_{i\_ref} / 100 \quad W/m^2 \quad (782)$$

$$P_{ecl\_aux,l} = 0 \quad W/m^2$$

$$Gest\_ecl = 2$$

$$Grad\_ecl = 1$$

$$fr\_Grad\_Ecl = 1$$

E_{i_ref} est issu du Tableau 78.

7.1.3.2 Calcul de la puissance d'éclairage totale, $P_{ecl\_tot,l}$, pour Th-C

7.1.3.2.2 Eclairage d'accentuation de l'aire de vente des commerces

Ce calcul n'est à mener qu'une seule fois en début de simulation.

Si Type_bat = commerces

si Type_local = petit magasin de vente ou si Type_local = aire de vente

$$P_{ecl\_tot,l} = \max \{4,5 ; P_{ecl\_tot,l}\}$$

7.1.3.2.3 Locaux de bureaux des zones de bureaux

Ce calcul n'est à mener qu'une seule fois en début de simulation.

La consommation d'éclairage résulte de l'éclairage général, opposable et appelé ici immobilier et l'éclairage apporté après construction, appelé ici mobilier. Si l'éclairage immobilier ne permet pas d'atteindre l'éclairement requis, l'éclairage mobilier assure le complément sur la base de $Eff_{ecl\_mob} = 1 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$.

Si Type_bat = bureaux

si Type_local = bureaux

$$P_{ecl\_immo\_projet} = P_{ecl\_tot,l}$$

$$\text{si } P_{ecl\_immo\_projet} < 10 \text{ W/m}^2$$

$$E_{cl\_immo\_projet} = 100 * P_{ecl\_immo\_projet} / Eff_{ecl\_immo\_projet}$$

$$\text{si } E_{cl\_immo\_projet} < E_{i\_proj}$$

$$P_{ecl\_mob} = (E_{i\_proj} - E_{cl\_immo\_projet})/100 * Eff_{ecl\_mob}$$

sinon

$$P_{ecl\_mob} = 0$$

$$P_{ecl\_tot,l} = P_{ecl\_immo\_projet} + P_{ecl\_mob}$$

sinon

$$P_{ecl\_tot,l} = P_{ecl\_immo\_projet}$$

7.1.3.2.4 Autres locaux

Les caractéristiques des systèmes d'éclairage des autres locaux sont des données d'entrée.

7.1.3.3 Calcul de la surface du groupe ayant accès à la lumière naturelle (voir §7.1.3.6.1)

Ce calcul n'est à mener qu'une seule fois en début de simulation : sommation sur les locaux d'un groupe. Il faut distinguer, d'une part, la surface des locaux de grand volume, d'autre part, les locaux avec un volume normal.

Le local de grand volume est défini par convention. Les locaux de grand volume sont donnés dans le Tableau 78, il s'agit :

- Des établissements sportifs scolaires **ou municipaux** : salle de sport
- Des établissements sportifs privés : salle de sport
- Industrie en 3*8 : aire de production
- Industrie de 8 à 18h : aire de production
- Commerce : aire de vente supérieure à 300 m²

Calcul de la surface des locaux de grand volume ayant accès à l'éclairage naturel intérieur :

locaux éclairés par des baies de type 1 (GVU) et/ou 0 (GV) (la répartition uniforme des éclairants de toiture permet un éclairage naturel homogène du local de grand volume). Dans ce cas la valeur de Ratioecl_nat,l est égale à 1.

$$A_{eclnat01} = \sum_{l \in \text{groupe}} A_{gr} \cdot \text{Ratio\_local},l \cdot \text{Ratioecl\_nat},l$$

Ou

locaux éclairés par des baies de type 0 (l'éclairage n'est pas homogène)

$$A_{eclnat0} = \sum_{l \in \text{groupe}} A_{gr} \cdot \text{Ratio\_local},l \cdot \text{Ratioecl\_nat},l$$

Calcul de la surface des locaux de volume classique ayant accès à l'éclairage naturel intérieur :

locaux éclairés par des baies de type 2 (VN)

$$A_{eclnat2} = \sum_{l \in \text{groupe}} A_{gr} \cdot \text{Ratio\_local},l \cdot \text{Ratioecl\_nat},l$$

7.1.3.4 Calcul de l'éclairage naturel dans les parties y ayant accès

Calcul du niveau d'éclairage naturel dans les parties du groupe ayant accès à la lumière naturelle :

S'il s'agit d'un local de grand volume

$$E_{\text{inat}} = E_{\text{inat}(1)} + E_{\text{inat}(0)} \quad (783)$$

Sinon le local a un volume normal

$$E_{\text{inat}} = E_{\text{inat}(2)} \quad (784)$$

Note : Pour les groupes dont tous les locaux ont un accès impossible à la lumière naturelle ($A_{\text{eclnat}} = 0$), on prendra $E_{\text{inat}} = 0$ pour tous les locaux du groupe.

Chacun des termes de cette équation est calculé comme suit.

Pour les baies de Type 0, 1 (Locaux de grand volume équipés et/ou d'éclairants répartis uniformément sur la toiture et/ou d'autres éclairants)

Pour les grands volumes, part des éclairants de toiture uniformément répartis : **Type_baie = 1 ou GVU**

$$E_{\text{inat}_{\text{baiedif}(1)}} * A_{\text{eclnat}01} = F_{\text{lt}2}(1) * FF_{\text{bpu}}$$

$$E_{\text{inat}_{\text{plafref}(1)}} * A_{\text{eclnat}01} = F_{\text{lt}3}(1) * \text{roplafond\_gv} * FF_{\text{plpu}}$$

$$F_{\text{lteq}}(1) = \text{Rosol\_gv} * F_{\text{lt}1}(1) + F_{\text{lt}2}(1) + \text{roplafond\_gv} * F_{\text{lt}3}(1)$$

$$\text{Romoyen} = (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})$$

$$E_{\text{int}_{\text{inter}(1)}} * A_{\text{eclnat}01} = [\text{Rosol\_gv} * F_{\text{lt}1}(1) + F_{\text{lt}2}(1) + \text{roplafond\_gv} * F_{\text{lt}3}(1)] / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv}) / (1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})])$$

Soit $E_{\text{inat}(1)} = 1 / A_{\text{eclnat}01} * (E_{\text{inat}_{\text{baiedif}(1)}} + E_{\text{inat}_{\text{plafref}(1)}} + E_{\text{int}_{\text{inter}(1)}})$ peut s'écrire sous la forme

$$E_{\text{inat}(1)} = 1 / A_{\text{eclnat}01} * [K1_{\text{gvu}} * F_{\text{lt}1}(1) + K2_{\text{gvu}} * F_{\text{lt}2}(1) + K3_{\text{gvu}} * F_{\text{lt}3}(1)]$$

Avec $K1_{\text{gvu}}$, $K2_{\text{gvu}}$ et $K3_{\text{gvu}}$ des constantes qui prennent les expressions :

$$K1_{\text{gvu}} = \text{Rosol\_gv} / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv}) / (1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})])$$

$$K2_{\text{gvu}} = FF_{\text{bpu}} + 1 / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv}) / (1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})])$$

$$K3_{\text{gvu}} = \text{roplafond\_gv} * FF_{\text{plpu}} + \text{roplafond\_gv} / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv}) / (1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})])$$

Pour les grands volumes éclairés part des éclairants verticaux et horizontaux (à condition pour les éclairants horizontaux que ceux-ci sont attribués à des locaux de grand volume non éclairés de façon homogène du fait de la répartition des éclairants de toiture) : **Type_baie = 0 ou GV**

$$E_{\text{inat}_{\text{baiedif}(0)}} = F_{\text{lt}2}(0) * FF_{\text{bpu\_h}} / A_{\text{eclnat}01}$$

$$E_{\text{inat}_{\text{plafref}(0)}} = F_{\text{lt}3}(0) * FF_{\text{plpu\_h}} * \text{roplafond\_gv} / A_{\text{eclnat}01}$$

$$F_{\text{lteq}}(0) = \text{Rosol\_gv} * F_{\text{lt}1}(0) + F_{\text{lt}2}(0) + \text{roplafond\_gv} * F_{\text{lt}3}(0)$$

$$\text{Romoyen} = (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})$$

$$E_{\text{inat}_{\text{inter}(0)}} = [\text{Rosol\_gv} * \text{Flt1}(0) + \text{Flt2}(0) + \text{roplafond\_gv} * \text{Flt3}(0)] / (\text{RgrA,At} * \text{Aeclnat01}) * (\text{Romoyen} / (1 - \text{Romoyen}))$$

Soit $E_{\text{inat}(0)} = 1 / \text{Aeclnat01} * (E_{\text{inat}_{\text{baiedif}(0)}} + E_{\text{inat}_{\text{plafref}(0)}} + E_{\text{inat}_{\text{inter}(0)}})$ peut s'écrire sous la forme

$$E_{\text{inat}(0)} = 1 / \text{Aeclnat01} * [\text{K1gv} * \text{Flt1}(0) + \text{K2gv} * \text{Flt2}(0) + \text{K3gv} * \text{Flt3}(0)]$$

Avec K1gv, K2gv et K3gv des constantes qui prennent les expressions :

$$\text{K1gv} = \frac{\text{Rosol\_gv} / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})}{1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})]}$$

$$\text{K2gv} = \frac{\text{FFbpu\_h} + 1 / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})}{1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})]}$$

$$\text{K3gv} = \frac{\text{roplafond\_gv} * \text{FFplpu\_h} + \text{roplafond\_gv} / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})}{1 - [(\text{Rosol\_gv} + \text{Rmursol\_gv} * \text{Romurs\_gv} + \text{Roplafond\_gv}) / (2 + \text{Rmursol\_gv})]}$$

Pour les baies de type 2 ou VN (baies éclairants des locaux normaux c'est-à-dire autre que de grand volume) :

Sont concernés ici tous les locaux non déjà traités ci-dessus.

Part des éclairants verticaux : **Type_baie = 2**

$$E_{\text{inat}_{\text{baiedif}(2)}} = \text{Flt2}(2) * \text{FFbpu\_h} / \text{Aeclnat2}$$

$$E_{\text{inat}_{\text{plafref}(2)}} = \text{Flt3}(2) * \text{FFplpu\_h} * \text{roplafond\_pv} / \text{Aeclnat2}$$

$$\text{Flteq}(2) = (\text{Rosol\_pv} * \text{Flt1}(2) + \text{Flt2}(2) + \text{roplafond\_pv} * \text{Flt3}(2))$$

$$\text{Romoyen} = (\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})$$

$$E_{\text{inat}_{\text{inter}(2)}} = [\text{Rosol\_pv} * \text{Flt1}(2) + \text{Flt2}(2) + \text{roplafond\_pv} * \text{Flt3}(2)] / (\text{RgrA,At} * \text{Aeclnat2}) * (\text{Romoyen} / (1 - \text{Romoyen}))$$

Soit $E_{\text{inat}(2)} = 1 / \text{Aeclnat2} * (E_{\text{inat}_{\text{baiedif}(2)}} + E_{\text{inat}_{\text{plafref}(2)}} + E_{\text{inat}_{\text{inter}(2)}})$ peut s'écrire sous la forme

$$E_{\text{inat}(2)} = 1 / \text{Aeclnat2} * [\text{K1vn} * \text{Flt1}(2) + \text{K2vn} * \text{Flt2}(2) + \text{K3vn} * \text{Flt3}(2)]$$

Avec K1vn, K2vn et K3vn des constantes qui prennent les expressions :

$$\text{K1vn} = \frac{\text{Rosol\_pv} / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})}{1 - [(\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})]}$$

$$\text{K2vn} = \frac{\text{FFbpu\_h} + 1 / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})}{1 - [(\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})]}$$

$$\text{K3vn} = \frac{\text{roplafond\_pv} * \text{FFplpu\_h} + \text{roplafond\_pv} / \text{RgrA,At} * (\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})}{1 - [(\text{Rosol\_pv} + \text{Rmursol\_pv} * \text{Romurs\_pv} + \text{Roplafond\_pv}) / (2 + \text{Rmursol\_pv})]}$$

7.1.3.5 Calcul de l'autonomie en lumière naturelle

L'autonomie en lumière naturelle est le nombre d'heures pendant lesquelles l'éclairage naturel est suffisant et pendant lesquelles on n'a pas recours à l'éclairage artificiel. Ainsi, lorsque l'éclairement naturel intérieur dépasse une valeur de référence $Seuil_{auto\_lumi}$, on incrémente une variable de comptage.

L'évaluation de l'autonomie s'effectue au niveau du groupe.

- lorsque l'éclairage est autorisé : $I_{Ecl} = 1$

Si Jour_astro = 0, alors $Nbh_{occ\_nuit} = Nbh_{occ\_nuit}(h-1) + 1$ heures de nuit
 Sinon si Jour_astro > 0 : heures de jour

Si $(E_{inat(0)} + E_{inat(1)} + E_{inat(2)}) \geq Seuil_{auto\_lumi}$

$$Nbh_{occ\_Einat\_sup} = Nbh_{occ\_Einat\_sup}(h-1) + 1 \quad (785)$$

sinon

$$Nbh_{occ\_Einat\_inf} = Nbh_{occ\_Einat\_inf}(h-1) + 1$$

- lorsque l'éclairage est non autorisé : $I_{Ecl} = 0$

$$Nbh_{ecl\_non\_aut} = Nbh_{ecl\_non\_aut}(h-1) + 1$$

On évalue également l'autonomie d'un groupe en lumière naturelle par un taux de disponibilité de la lumière naturelle pendant les plages d'occupation et les heures de jour :

$$Taux_{occ\_einat\_sup} = 100 * Nbh_{occ\_Einat\_sup} / (Nbh_{occ\_Einat\_sup} + Nbh_{occ\_Einat\_inf})$$

Pour compléter l'indicateur d'autonomie en lumière naturelle, on donne aussi les proportions des surfaces du groupe ayant accès à la lumière naturelle. Ainsi, on définit les taux suivants :

- part de surface du groupe ayant accès à la lumière naturelle

$$\text{Si baie de Type 1 et ou 0 alors } Taux_{eclnat} = (A_{eclnat01} + A_{eclnat0} + A_{eclnat2}) / A_{gr} \quad 1$$

Remarque : si $A_{eclnat01}$ est non nul alors $A_{eclnat0}$ est nul et inversement. En effet, selon la limite de la méthode établie initialement il ne peut exister dans un même groupe deux locaux de grand volume dont l'un disposerait d'un éclairement vertical uniformément réparti et l'autre non.

$$\text{si } Taux_{eclnat} = 0 \quad Grp\_sans\_accès = 1, Grp\_accès\_mixte = 0, Grp\_accès\_total = 0$$

$$\text{si } 0 < Taux_{eclnat} < 1 \quad Grp\_sans\_accès = 0, Grp\_accès\_mixte = 1, Grp\_accès\_total = 0$$

$$\text{si } Taux_{eclnat} = 1 \quad Grp\_sans\_accès = 0, Grp\_accès\_mixte = 0, Grp\_accès\_total = 1$$

- part de surface du groupe en fond de local profond ayant accès à la lumière naturelle

$$\text{Soient les locaux tels que } Ratio_{eclnat} > 0 \quad Taux_{fond\_local} = (\sum_l Ratio_{local,l} \cdot (1 - Ratio_{eclnat,l}))$$

- part de surface du groupe n'ayant pas accès à la lumière naturelle

$$\text{Soient les locaux tels que } Ratio_{eclnat} = 0 \quad Taux_{pas\_eclnat} = \sum_l Ratio_{local,l}$$

7.1.3.6 Calcul des consommations d'éclairage

7.1.3.6.1 Calcul pour tous usages à l'exception de Bâtiment à usage d'habitation- maison

individuelle et accolée et Bâtiment à usage d'habitation- logement collectif

Le calcul horaire s'effectue au niveau du groupe en sommant les contributions des différents locaux qui le composent :

$$C_{ECL\_GR} = \sum_{l \in \text{groupe}} C_{ECL\_local,l} \quad (786)$$

Le calcul de la consommation d'éclairage artificiel d'un local est la somme de deux contributions :

- le produit de la puissance d'éclairage artificiel installée par sa durée d'utilisation effective sur une heure (lampes allumées), lorsque la zone est occupée ($I_{ECL}=1$)
- le produit de la puissance des appareillages et des périphériques de gestion par la durée de non utilisation, lorsque l'éclairage artificiel est éteint

Lorsque le local est en période d'occupation mais que les lampes sont éteintes par le dispositif de gestion de la lumière naturelle, il doit subsister la consommation des appareillages et des périphériques de gestion. C'est pourquoi la consommation horaire n'est pas nécessairement strictement nulle et est au minimum égale à la consommation horaire de ces appareillages et périphériques de gestion.

En l'absence de dispositifs de gestion, la consommation des périphériques de gestion est nulle :

si ($Gest\_ecl = 0$ ou si $Gest\_ecl = 1$ ou si $Gest\_ecl = 2$)

et

($Grad\_ecl = 0$ ou si $Grad\_ecl = 1$)

alors

$$P_{ecl\_aux} = 0$$

$$C_{ecl\_local,i} = \text{Max} \left(P_{ecl\_tot,l} * CTRLecl_{occ,l} * CTRLecl_{einat,l} ; P_{ecl\_aux,l} \right) * \frac{A_{local,l}}{1000} \quad (787)$$

Détermination des différents termes de l'équation :

Surface du local $A_{local,l}$

Avec $A_{local,l} = \text{Agr. Ratio}_{local,l}$

Puissances surfaciques d'éclairage : $P_{ecl\_tot,l}$ et $P_{ecl\_aux,l}$

Les puissances surfaciques d'éclairage sont définies au niveau du local.

- P_{ecl_tot} est la puissance surfacique installée pour l'éclairage intérieur des locaux. Elle inclut la puissance des lampes et accessoires, y compris le système de gestion intégré dans les luminaires ou associé à ces derniers. Tous les dispositifs d'éclairage installés à poste fixe ainsi que les éclairages d'appoint des postes de travail doivent être pris en compte, à l'exclusion des dispositifs d'éclairage de sécurité.
- P_{ecl_aux} est la puissance surfacique des appareillages et des périphériques de gestion intégrés dans les luminaires ou associés à ces derniers, lorsque les lampes sont éteintes. Il s'agit de la puissance résiduelle correspondant aux périodes d'inoccupation ainsi qu'aux périodes d'occupation durant lesquelles les lampes sont éteintes. Cette puissance correspond à tous les systèmes de gestion (horloges, gradateurs, détecteurs, boutons

poussoir alimentés) et ne comprend pas les ballasts, les transformateurs ainsi que les drivers.

Prise en compte du coefficient $CTRL_{ecl\_occ,l}$

La gestion de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation est caractérisée par le paramètre de commande $CTRL_{ecl\_occ,l}$, correspondant à un taux d'utilisation de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation et en l'absence d'éclairage naturel.

La commande de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation est calculée de la manière suivante :

Si $I_{Ecl}(h) = 0$, alors : $CTRL_{ecl\_occ}(h) = 0$ Si $I_{Ecl}(h) = 1$, alors : $CTRL_{ecl\_occ}(h) = C1$	(788)

Prise en compte du type de commande d'éclairage : coefficient $C1$

Le coefficient $C1$ correspond à un pourcentage moyen d'utilisation qui dépend d'une part du mode d'allumage et d'extinction de l'éclairage artificiel et d'autre part du type de local. En effet, chaque local peut être associé à un taux d'occupation effectif spécifique (norme NF EN 15193 version de novembre 2007). Les différents modes de gestion sont les suivants :

- **Systèmes sans détection automatique de présence et/ou d'absence**
 - Pas d'interrupteur manuel, ni de détecteur de présence ou d'absence (éclairage permanent pendant les plages d'occupation) : $Gest_{ecl} = 0$
 - Interrupteur manuel marche/arrêt : $Gest_{ecl} = 1$
 - Interrupteur manuel marche/arrêt et système de programmation horaire (horloge) : $Gest_{ecl} = 2$
- **Systèmes avec détection automatique de présence et/ou d'absence**
 - Marche et arrêt automatiques : $Gest_{ecl} = 3$

Le système de gestion allume automatiquement le ou les luminaires à chaque fois qu'il y a une présence dans la partie à éclairer et les éteint automatiquement et complètement au maximum 15 min après détection de la dernière présence dans cette partie. Les automatismes ne peuvent permettre le déclenchement automatique de l'éclairage artificiel dans les logements, les bureaux, les salles de réunion, les salles de classe, les salles polyvalentes, qu'après une action manuelle d'un occupant du local réalisée moins de 6H avant le déclenchement automatique.

- Marche manuelle et arrêt automatique : $Gest_{ecl} = 4$

Le ou les luminaires ne peuvent être allumés qu'à l'aide d'un interrupteur manuel dans la partie à éclairer (ou tout près de cette zone) et, s'ils ne sont pas éteints manuellement, ils sont automatiquement et complètement éteints par un système de gestion automatique 15 min au plus tard après détection de la dernière présence dans cette partie.

Lorsqu'il n'y a aucun interrupteur ou détecteur d'occupation dans le local ($Gest_{ecl}=0$), $C1$ est toujours pris égal à 1. On suppose que l'éclairage est déclenché automatiquement pendant les plages d'occupation. Ce cas peut correspondre à un local à éclairage permanent (escalier, etc.) :

$$\text{Si } Gest_{ecl} = 0 : C1 = 1$$

Les valeurs de C1 pour les autres types de commande sont données dans le tableau 79. Elles ont été calculées à partir de la méthode donnée dans la norme NF EN 15193 « Exigences énergétiques pour l'éclairage » version de novembre 2007.

N°	type de zone (usage)	type de local	interrupteur manuel Gest_ecl=1	interrupteur manuel et système de programmation horaire Gest_ecl=2	Marche et arrêt automatiques Gest_ecl=3	Marche manuelle /arrêt automatique Gest_ed=4	Erêt (lux)
3	Bureaux	Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle de réunion	0,70	0,65	0,60	0,50	50
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
4	Enseignement primaire	Salle de classe	0,95	0,90	0,85	0,75	300
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle de réunion	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Salle de repos	0,60	0,75	0,70	0,60	300
		Circulation Accueil	0,60	0,55	0,50	0,40	100
		Sanitaires vestiaires	0,70	0,65	0,60	0,50	200
5	Enseignement secondaire	Salle de classes	0,95	0,90	0,85	0,75	300
		Salle de réunion	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Salle d'enseignement informatique	0,95	0,90	0,85	0,75	300
		Salle de conférence Salle polyvalente	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Centre de documentation	0,80	0,75	0,70	0,60	500
		Salle des professeurs	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Circulation Accueil	0,60	0,55	0,50	0,40	100
		Sanitaire collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
6	Médiathèques et bibliothèques	Salle multi-fonctions	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Centre de documentation	0,80	0,75	0,70	0,60	500
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle de réunion	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	Salle de classe	0,95	0,90	0,85	0,75	300
		Salle de conférence Amphithéâtre	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Salle d'enseignement informatique	0,95	0,9	0,85	0,75	300
		Centre de documentation	0,80	0,75	0,70	0,60	500
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle de réunion	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Circulation Accueil	0,60	0,55	0,50	0,40	100
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	Chambre sans cuisine avec salle de bains	0,60	0,55	0,50	0,40	70
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100

9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	Chambre sans cuisine avec salle de bains	0,60	0,55	0,50	0,40	70
		Sanitaires collectifs	1,00	0,95	0,90	0,80	150
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	Bureau standard	0,80	0,75	0,70	0,60	500
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Salle petits déjeuners	1,00	1,00	1,00	1,00	200
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Bar	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Salle petits déjeuners	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		salle de séminaires réunion	0,80	0,75	0,70	0,60	500
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	Salle de jeux	0,95	0,90	0,85	0,75	300
		Salle de repos	0,80	0,75	0,70	0,60	300
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle de réunion	0,80	0,75	0,70	0,60	500
		Circulation Accueil	0,60	0,55	0,50	0,40	100
		Sanitaires vestiaires	0,70	0,65	0,60	0,50	200
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	Salle restaurant	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Cuisine	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	Salle restaurant	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Cuisine	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	Salle restaurant	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Cuisine	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	Salle restaurant	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Cuisine	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
17	Commerces	Aire de vente (inférieure à 300 m²)	1,00	1,00	1,00	1,00	300
		Aire de vente (supérieure à 300 m²)	1,00	1,00	1,00	1,00	300
		Circulation Accueil	1,00	1,00	1,00	1,00	300
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
18	Vestiaires seuls	Circulation Accueil	0,80	0,75	0,7	0,60	100
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	Chambres sans cuisine avec salle de bain	1,00	1,00	1,00	1,00	70
		Circulation accueil	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200

		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Salle commune	0,80	0,75	0,70	0,60	500
		Bureau Standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
20	Etablissements de santé (partie nuit)	Chambres sans cuisine avec salle de bain	1,00	1,00	1,00	1,00	70
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Circulation accueil	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Locaux soins et offices	1,00	1,00	1,00	1,00	500
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle d'attente et de consultation (urgences)	1,00	1,00	1,00	1,00	500
		Aire de production	1,00	0,95	0,90	0,80	500
21	Etablissements de santé (partie jour)	Aire de production	1,00	0,95	0,90	0,80	500
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Circulation accueil	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Salle d'attente et de consultation	1,00	1,00	1,00	1,00	500
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Salle de réunion	0,70	0,65	0,60	0,50	500
22	Aérogares	Espace voyageurs	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Circulation Accueil	1,00	0,75	0,70	0,60	150
		Commerces	1,00	1,00	1,00	1,00	300
		Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Inspection filtrage	1,00	1,00	1,00	1,00	500
		Sanitaires vestiaires	0,70	0,65	0,60	0,50	200
23	Industries ou artisanats 3x8h	Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Aire de production	1,00	1,00	1,00	1,00	300
		Sanitaires vestiaires	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	Bureau standard	0,90	0,85	0,80	0,70	500
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Aire de production	1,00	1,00	1,00	1,00	300
		Sanitaires vestiaires	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	Salle de sport	0,90	0,85	0,80	0,70	300
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Sanitaires collectifs	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	Salle restaurant	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Cuisine	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	Salle restaurant	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Cuisine	1,00	1,00	1,00	1,00	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200

28	Etablissements sportifs privés	Salle de sport	0,90	0,85	0,80	0,70	300
		Circulation Accueil	0,80	0,75	0,70	0,60	100
		Sanitaires vestiaires	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Douches collectives	0,70	0,65	0,60	0,50	200
		Local service	0,06	0,05	0,04	0,02	200

Tableau 78 : valeurs du coefficient C1 et de l'éclairement intérieur de référence

Prise en compte de la gestion de l'éclairage artificiel selon les apports de lumière naturelle : coefficient $CTRL_{ecl\_eiat,l}$

L'utilisation de l'éclairage artificiel peut être avantageusement adaptée aux apports de lumière naturelle. En effet, il existe plusieurs modes de gestion qui permettent de réduire le temps effectif d'utilisation et/ou la puissance effective de l'éclairage.

La gestion de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairement naturel est caractérisée par le paramètre de $CTRL_{ecl\_eiat,l}$, correspondant au taux moyen d'utilisation de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairement naturel, en occupation.

La commande de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairement naturel intérieur est calculée de la manière suivante :

$$CTRL_{ecl\_eiat} = Ratio_{ecl\_nat,l} * C2_{ae,l} + (1 - Ratio_{ecl\_nat,l}) * C2_{pae,l}$$

Détermination de l'accès à l'éclairage naturel d'un local : $Ratio_{ecl\_nat,l}$

Dans la méthode de calcul réglementaire, la part de chaque local l, ayant un accès effectif à l'éclairement naturel, est renseignée par le paramètre d'intégration $Ratio_{ecl\_nat,l}$. Il est déterminé selon la règle ci-après. Pour rappel, les locaux équipés d'éclairants uniformément répartis en toiture (type baie 1) ont entièrement accès à l'éclairement naturel, en conséquence le ratio d'accès à l'éclairement naturel du local afférent est égale à 1.

1) Accès effectif

Les locaux ayant un accès effectif à l'éclairage naturel sont constitués :

- des groupes munis de baies non horizontales et dont la profondeur est inférieure ou égale à

$$2,5 * (h_{Li} - h_{Ta}) \quad [m]$$

h_{Li} étant la hauteur du linteau par rapport au sol [m] et h_{Ta} la hauteur du plan de travail (plan de référence) par rapport au sol [m].

- pour les groupes d'une profondeur plus importante, des parties des groupes situées à une distance d'une baie non horizontale inférieure à $2,5 * (h_{Li} - h_{Ta})$, sous réserve que les luminaires éclairant ces parties soient commandés de façon indépendante,
- des parties du groupe munies de parties vitrées uniformément réparties en toiture (éclairage zénithal, sheds, lanterneaux).

On appelle profondeur, la distance, perpendiculaire au centre de la paroi vitrée, entre celle-ci et une autre paroi du local.

- des locaux munis d'éclairants uniformément répartis en toiture (sheds, lanterneaux) baie type 1.
- des parties de locaux éclairées par des éclairants de toiture non uniformément répartis baie type 2. La surface éclairée par un éclairant est la partie du local dont la distance à la verticale au centre de l'éclairant est inférieure à 2,5 fois l'écart de hauteur entre le plan utile et l'altitude moyenne de l'éclairant.

2) Accès réduit

Les locaux ayant un accès réduit à l'éclairage naturel sont constitués :

- pour les groupes munis de baies non horizontale et dont la profondeur est supérieure à

$$2,5 \cdot (h_{Li} - h_{Ta}) \quad [m]$$

des parties des groupes situées à une distance d'une baie non horizontale supérieure à $2,5 \cdot (h_{Li} - h_{Ta})$,

des parties des groupes situées à une distance d'une baie non horizontale inférieure à $2,5 \cdot (h_{Li} - h_{Ta})$, sous réserve que les luminaires éclairant ces parties soient commandés par un dispositif commun à toutes les parties du local,

- pour les locaux équipés d'éclairants non uniformément répartis en toiture (baie type 2), des parties n'étant pas à accès effectif.

3) Accès impossible

L'accès à l'éclairage naturel est impossible pour les locaux sans baies.

Détermination des coefficients $C_{2ae,l}$ et $C_{2pae,l}$

Les coefficients C2, c'est-à-dire $C_{2ae,l}$ et $C_{2pae,l}$, correspondent à un pourcentage moyen d'utilisation qui dépend du mode de gestion de l'éclairage en fonction des apports de lumière naturelle.

Les modes de gestion de l'éclairage artificiel selon les apports de lumière naturelle sont tous basés sur un seuil d'éclairement qui correspond à un éclairement à maintenir sur une surface de référence de la zone de travail dans le local considéré.

On rappelle que les valeurs de référence de l'éclairement à maintenir sur la zone de tâche $E_{i,ref}$ sont données dans le Tableau 78 selon le type de local considéré. Ces valeurs proviennent des exigences de la norme NF EN 12464-1 version de juin 2003 (Eclairage des lieux de travail — Partie 1 : Lieux de travail intérieurs).

L'efficacité de ces modes de gestion est liée au bon montage des capteurs de niveau d'éclairement. Ils doivent se trouver dans des positions adéquates pour détecter les variations de l'éclairement de la zone de tâche.

Ces modes de gestion n'apportent pas tous les mêmes gains énergétiques, ce qui conduit à des coefficients C2 différents.

Les différents modes de gestion sont décrits ci-après :

- **gestion d'interrupteurs manuels marche-arrêt sans système de gestion de la lumière naturelle : $Grad_{ecl}=1$**

Pour les locaux sans système de gestion de la lumière naturelle mais munis d'interrupteurs manuels marche-arrêt, on suppose que l'utilisateur intervient lui-même sur l'éclairage artificiel en fonction de

l'éclairage naturel intérieur. Le coefficient $C2$ suit alors une loi modélisée par la courbe correspondante de la figure 1, qui correspond à un comportement statistique moyen de l'utilisateur.

- **Gestion par gradation automatique à éclairage constant : $\text{Grad\_ecl} = 2$**

La gradation automatique permet d'apporter le complément de lumière artificielle lorsque l'éclairage naturel intérieur n'est pas suffisant, de manière à maintenir un éclairage total (naturel et artificiel) constant.

Lorsque l'éclairage naturel intérieur dépasse l'éclairage intérieur à maintenir, l'éclairage artificiel est automatiquement réduit à son minimum. On considère alors, dans ce mode, que la puissance effective de l'éclairage artificiel au niveau minimal est égale à 15% de la puissance de fonctionnement au niveau maximal.

Au-delà d'un niveau d'éclairage naturel intérieur plus important, égal à 2 fois l'éclairage intérieur à maintenir dans le local, on considère que les lampes sont automatiquement éteintes et que seuls les périphériques et appareillages de gestion continuent de fonctionner.

- **Gestion par détection de franchissement de seuil d'éclairage (interrupteur crépusculaire) :**

- Allumage et extinction automatiques par détection de franchissement de seuil d'éclairage : $\text{Grad\_ecl} = 3$

Ce mode de gestion consiste à allumer automatiquement l'éclairage artificiel lorsque l'éclairage naturel intérieur est inférieur à l'éclairage à maintenir dans le local. De plus, l'éclairage artificiel est automatiquement éteint lorsque l'éclairage naturel intérieur est supérieur à l'éclairage à maintenir dans le local.

- Extinction automatique par détection de franchissement de seuil d'éclairage : $\text{Grad\_ecl} = 4$

Ce mode de gestion consiste à éteindre automatiquement l'éclairage artificiel lorsque l'éclairage naturel intérieur est supérieur à l'éclairage à maintenir dans le local.

Lorsque que l'éclairage naturel intérieur est inférieur à l'éclairage à maintenir dans le local, ce mode de gestion autorise l'allumage de l'éclairage artificiel par l'utilisation d'un interrupteur manuel ou d'un détecteur de présence.

Les valeurs de $C2_{ae,l}$ et $C2_{pae,l}$, peuvent être différentes ou égales selon respectivement que l'éclairage est fractionné ou non. Il faut donc définir la notion de fractionnement.

Prise en compte du fractionnement de l'éclairage artificiel en fonction des apports de lumière naturelle :

Le fractionnement, Fr_Grad_ecl,l , est un paramètre intrinsèque au local. Il est renseigné par l'utilisateur. On suppose que :

- toute ou partie de la surface d'un local peut avoir ou non accès à l'éclairage naturel,
- Lorsqu'une partie seulement de local a accès à la lumière naturelle, on considère que l'éclairage naturel intérieur dans la zone n'y ayant pas accès n'est pas nul mais réduit par rapport à l'éclairage naturel de la zone y ayant accès.
- Le système de gestion fractionné gère indépendamment la partie ayant accès à l'éclairage naturel et la partie n'y ayant pas accès. On définit donc deux coefficients $C2$ par local :
 - $C2_{ae,l}$ dans la partie du local l avec accès à la lumière naturelle

- $C2_{pae,l}$ dans la partie du local l sans accès à la lumière naturelle
- Lorsque le système n'est pas fractionné, c'est la partie sans accès à l'éclairage naturel qui impose le fonctionnement de l'éclairage artificiel pour l'ensemble du local. Les coefficients sont alors égaux.

Selon les types de locaux les coefficients $C2_{ae,l}$ et $C2_{pae,l}$ se déterminent selon la procédure suivante :

- **Cas des locaux de grand volume éclairés uniformément par des éclairants de toiture avec ou sans baies verticales.**

Ces locaux sont supposés recevoir un éclairage naturel homogène. La notion de fractionnement en fonction du niveau d'accès à l'éclairage naturel n'est pas pris en compte.

Le système de gestion n'est donc pas fractionné $Fr_{Grad_{ecl,l}} = 1$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)} + E_{inat(1)}$

- **Cas des locaux de grand volume éclairés par des éclairants de toiture non uniformément répartis et/ou des autres éclairants verticaux Type baie 0.**

Si $Fr_{Grad_{ecl,l}} = 1$ (le système de gestion n'est pas fractionné) :

Si $1 \geq Ratio_{écl_{nat,l}} > 0,7$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)} * (2,5 * Ratio_{écl_{nat,l}} - 1,5)$

Si $0,7 \geq Ratio_{écl_{nat,l}} > 0,2$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)} * (0,5 * Ratio_{écl_{nat,l}} - 0,1)$

Si $0,2 \geq Ratio_{écl_{nat,l}}$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = 0$

Sinon (le système de gestion est fractionné) :

Si $1 \geq Ratio_{écl_{nat,l}} > 0,7$

$C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)} * (2,5 * Ratio_{écl_{nat,l}} - 1,5)$

$C2_{ae,l}$ calculé à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)}$

Si $0,7 \geq Ratio_{écl_{nat,l}} > 0,2$

$C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)} * (0,5 * Ratio_{écl_{nat,l}} - 0,1)$

$C2_{ae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$E_{inat} = E_{inat(0)}$

Si $0,2 \geq Ratio_{écl_{nat,l}}$

$C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec

$C_{2ae,l}$ $E_{inat} = 0$
 calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat(0)}$

Si $Ratio\_écl\_nat, l = 0$ (tout le local n'a pas accès à la lumière naturelle)

$$C_{2ae,l} = C_{2pae,l} = 1$$

- **Cas des autres locaux équipés d'éclairants verticaux et/ou d'éclairants non répartis uniformément en toiture Type baie 2**

Si $Fr\_Grad\_ecl, l = 1$ (le système de gestion n'est pas fractionné) :

Si $1 \geq Ratio\_écl\_nat, l > 0,7$

$C_{2ae,l} = C_{2pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat} = E_{inat(2)} * (2,5 * Ratio_{ecl\_nat, l} - 1,5)$

Si $0,7 \geq Ratio\_écl\_nat, l > 0,2$

$C_{2ae,l} = C_{2pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat} = E_{inat\_2} * (0,5 * Ratio_{ecl\_nat, l} - 0,1)$

Si $0,2 \geq Ratio\_écl\_nat, l$

$C_{2ae,l} = C_{2pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat} = 0$

Sinon (le système de gestion est fractionné) :

Si $1 \geq Ratio\_écl\_nat, l > 0,7$

$C_{2pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat} = E_{inat(2)} * (2,5 * Ratio_{ecl\_nat, l} - 1,5)$

$C_{2ae,l}$ calculé à l'aide des données du Tableau 79 avec $E_{inat(2)}$

Si $0,7 \geq Ratio\_écl\_nat, l > 0,2$

$C_{2pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat} = E_{inat(2)} * (0,5 * Ratio_{ecl\_nat, l} - 0,1)$

$C_{2ae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec $E_{inat(2)}$

Si $0,2 \geq Ratio\_écl\_nat, l$

$C_{2pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec
 $E_{inat} = 0$

$C_{2ae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 79 avec $E_{inat(2)}$

Si $Ratio\_écl\_nat, l = 0$ (tout le local n'a pas accès à la lumière naturelle)

$$C_{2ae,l} = C_{2pae,l} = 1$$

Pour appliquer les algorithmes précédents afin de déterminer les valeurs de C_2 , c'est-à-dire $C_{2ae,l}$ et $C_{2pae,l}$, il faut déterminer la valeur de E_{inat} . Elle dépend des caractéristiques du local selon qu'il est

accès ou non à l'éclairage naturel et, si l'éclairage naturel n'est pas homogène, du fractionnement de l'éclairage artificiel le cas échéant.

Les valeurs des coefficients C2 sont données par des fonctions affines par morceaux, illustrées par les figures 1 et 2. Les coordonnées des points de références de ces fonctions sont données par le tableau 3. Les valeurs de C2 sont obtenues par interpolation linéaire entre ces points de référence. La procédure pour déterminer C2 en fonction de la gestion de l'éclairage est décrite ci-après :

Grad_ecl	Points de référence pour les coefficients C2 indiqués dans la figure 1
0 : Pas de système de gestion de la lumière naturelle et pas d'interrupteur manuel	C2 = 1
1 : Gestion manuelle de l'éclairage en fonction de la lumière du jour (interrupteur manuel)	Point A : ($E_{\text{nat}} = 0$; C2 = 1) Point B : ($E_{\text{nat}} = 100$; C2 = 1) Point G : ($E_{\text{nat}} = 700$; C2 = 0,3) Point J : ($E_{\text{nat}} = 2800$; C2 = 0) pour $E_{\text{nat}} > 2800$, on a C2 = 0
2 : Gradation automatique à éclairage constant	Point A : ($E_{\text{nat}} = 0$; C2 = 1) Point B : ($E_{\text{nat}} = 100$; C2 = 1) Point E : ($E_{\text{nat}} = E_{\text{Ref},I}$; C2 = Part_resid_grad) Point H : ($E_{\text{nat}} = E_{\text{max_grad}}$; C2 = Part_resid_grad) Point I : ($E_{\text{nat}} = E_{\text{max_grad}}$; C2 = 0) pour $E_{\text{nat}} > 2 * E_{\text{Ref},I}$, on a C2 = 0 avec : $E_{\text{max_grad}} = 2 * E_{\text{Ref},I}$ Part_resid_grad = 0,15
3 : allumage et extinction automatiques par détection de franchissement d'un seuil d'éclairement.	Point A : ($E_{\text{nat}} = 0$; C2 = 1) Point C : ($E_{\text{nat}} = E_{\text{Ref},I}$; C2 = 1) Point F : ($E_{\text{nat}} = E_{\text{Ref},I}$; C2 = 0) pour $E_{\text{nat}} > E_{\text{Ref},I}$, on a C2 = 0

4 : extinction automatique par détection de franchissement d'un seuil d'éclairement.	Point A : ($E_{nat} = 0$; $C2 = 1$) Point B : ($E_{nat} = 100$; $C2 = 1$) - Si $E_{Ref,I} < 700$ (voir figure 1) : Point D : ($E_{nat} = E_{Ref,I}$; $C2 = (1/6)*(6,7 - 7* E_{Ref,I} /1000)$) Point F : ($E_{nat} = E_{Ref,I}$; $C2 = 0$) pour $E_{nat} > E_{Ref,I}$, on a $C2 = 0$ - Si $E_{Ref,I} \geq 700$ (voir figure 2) : Point G : ($E_{nat} = 700$; $C2 = 0,3$) Point D : ($E_{nat} = E_{Ref,I}$; $C2 = 0,4 - E_{Ref,I} /7000$) Point F : ($E_{nat} = E_{Ref,I}$; $C2 = 0$) pour $E_{nat} > E_{Ref,I}$, on a $C2 = 0$

Tableau 79 : points de référence pour calculer les valeurs des coefficients C2.

On note par convention :

$$E_{min} = 100$$

$$E_{max} = 2 * E_{Ref,I} .$$

$$Part\_resid\_grad = 0,15.$$

La mise en forme des deux algorithmes et des conventions conduisent aux deux courbes suivantes :

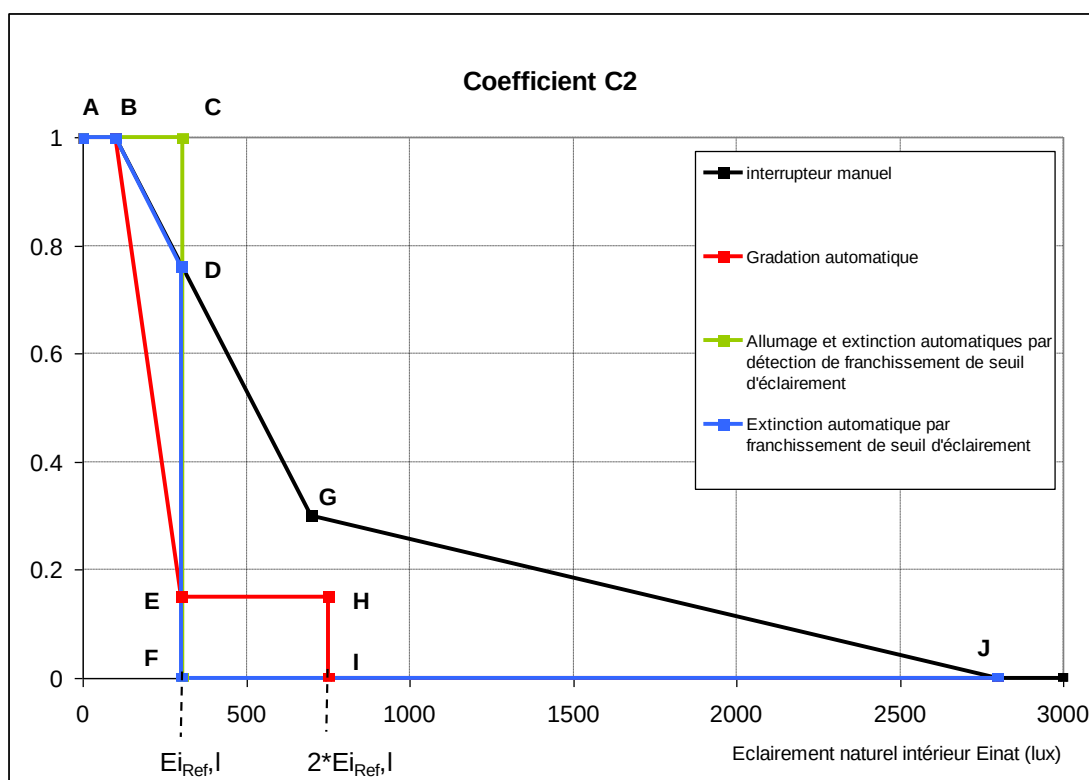


Figure 82 - Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairement naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairement intérieur $E_{Ref,I}$ inférieur à 700 lux.

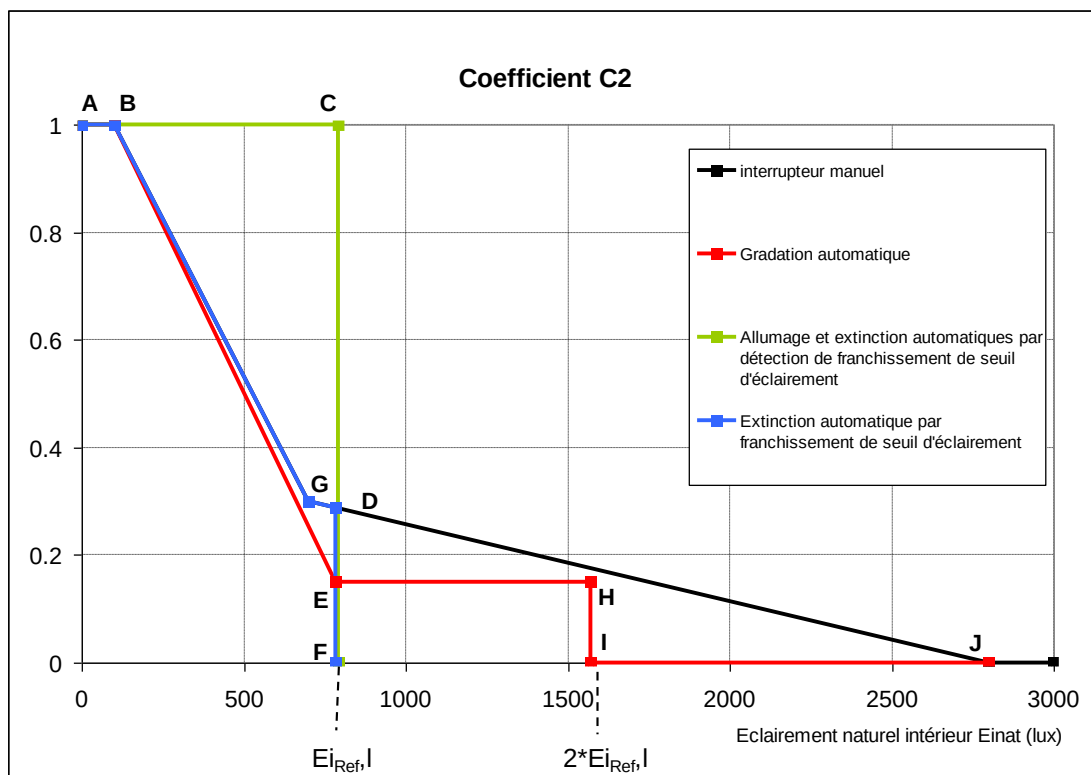


Figure 83 - Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairage naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairage intérieur $E_{iRef,l}$ supérieur à 700 lux.

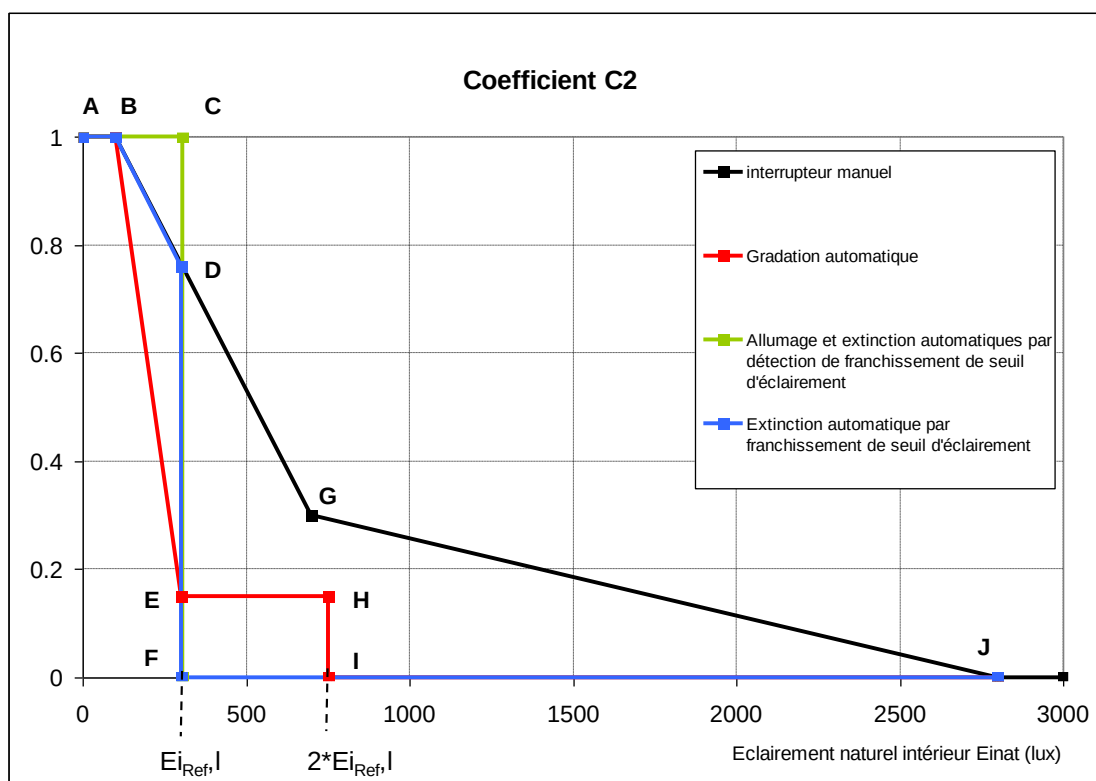


Figure 84 - Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairage naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairage intérieur $E_{iRef,I}$ inférieur à 700 lux.

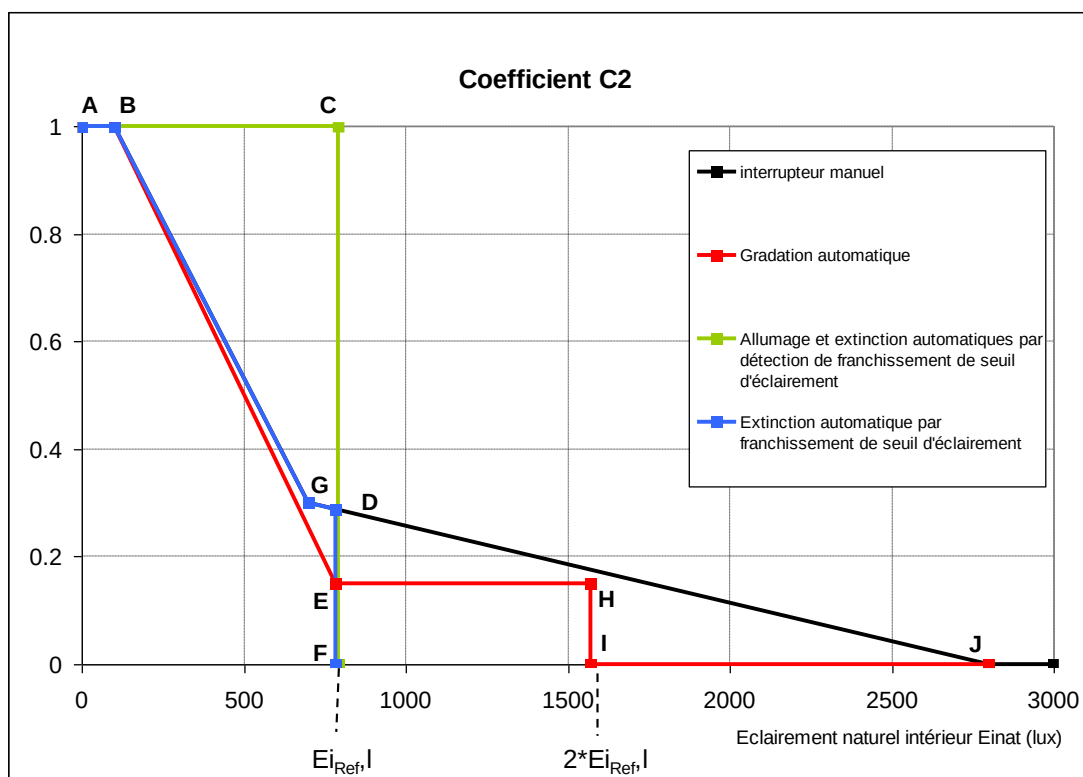


Figure 85 - Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairage naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairage intérieur $E_{iRef,I}$ supérieur à 700 lux.

7.1.3.6.2 Bâtiment à usage d'habitation- maison individuelle et accolée, Bâtiment à usage d'habitation- logement collectif

Le calcul est entièrement conventionnel. L'impact sur les consommations ne résulte donc que des caractéristiques des baies.

Le calcul de la consommation se fait en appliquant la même procédure et la même formule que dans les autres usages. En l'occurrence la formule :

$$C_{ECL\_local,I} = \text{Maximum} \{ P_{ecl\_tot,I} * CTRL_{ecl\_occ,I} * CTRL_{ecl\_einat,I} ; P_{ecl\_aux,I} \} * A_{local,I} / 1000 \quad (789)$$

Et la procédure pour l'occupation :

La gestion de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation est caractérisée par le paramètre de commande $CTRL_{ecl\_occ,I}$, correspondant à un taux d'utilisation de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation et en l'absence d'éclairage naturel.

La commande de l'éclairage artificiel en fonction de l'occupation est calculée de la manière suivante :

Si $I_{Ecl}(h) = 0$, alors : $CTRL_{ecl\_occ}(h) = 0$ Si $I_{Ecl}(h) = 1$, alors : $CTRL_{ecl\_occ}(h) = C1$	(790)

Elle appliquée en revanche avec les valeurs suivantes :

- Puissance surfacique d'éclairage installée conventionnelle : $P_{ecl\_tot} = 1 \text{ W/m}^2$

Note : cette valeur résulte d'une puissance totale installée de 10 W/m2 et d'un facteur de non simultanéité d'utilisation des différents points d'éclairage.

- Puissance surfacique des appareillages et des périphériques de gestion :
 $P_{ecl\_aux} = 0 \text{ W/m}^2$

- $Ratio_{ecl\_nat} = 1$

- $Gest_{ecl} = 1$

$C1 = 0.9$ - type de contrôle : interrupteur seul

- $Grad_{ecl} = 1$

La formule prend alors l'expression suivante :

Si $I_{Ecl}(h) = 0$, (En inoccupation) alors $C_{ECL\_local,I} = 0$

Si $I_{Ecl}(h) = 1$, (en occupation) $C_{ECL\_local,I} = P_{ecl\_tot,I} * C1 * C2 * A_{local,I} / 1000$

La valeur de C2 est obtenue par interpolation linéaire entre les points suivants :

Points de référence pour le coefficient C2 indiqué dans le Tableau 79	
Point A : ($E_{\text{inat}} = 0$; $C2 = 1$) Point B : ($E_{\text{inat}} = 100$; $C2 = 1$) Point G : ($E_{\text{inat}} = 200$; $C2 = 0,05$)	Point J : ($E_{\text{inat}} = 2800$; $C2 = 0$) Pour $E_{\text{inat}} > 2800$, on a $C2 = 0$

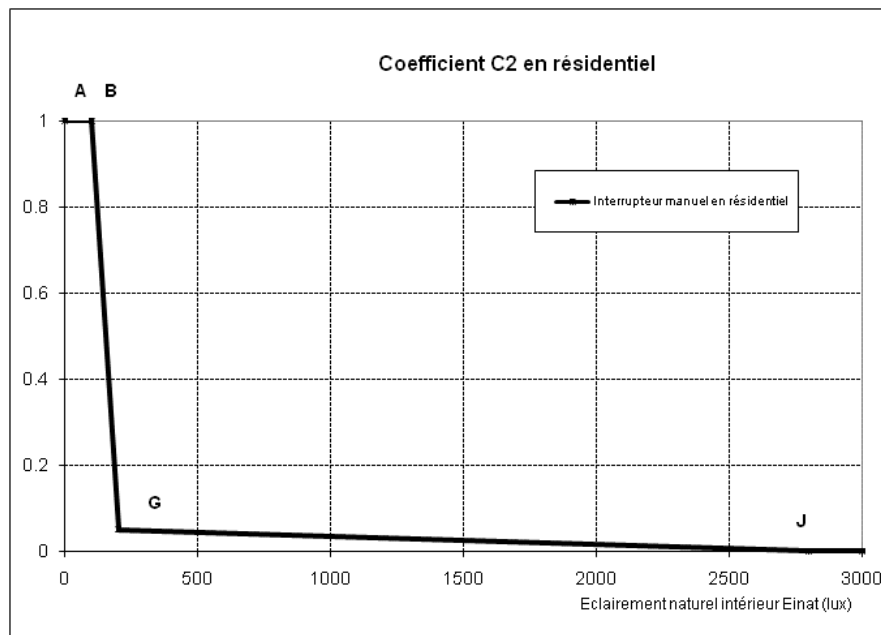


Figure 86 - Courbe donnant les valeurs de C2 selon l'éclairement naturel intérieur en résidentiel

7.1.3.7 Calcul des apports récupérables dus à l'éclairage

Les flux émis s'expriment de la manière suivante :

- flux convectif,

$$Fe_{clc} = C_{rec\_ecl\_conv} C_{ECL\_GR}$$

- flux radiatif,

$$Fe_{clR} = C_{rec\_ecl\_rad} C_{ECL\_GR}$$

- flux non émis dans le local

$$Fe_{clNE} = C_{rec\_ecl\_non\_emis} C_{ECL\_GR}$$

Conventionnellement :

$$C_{rec\_ecl\_conv} = 0,5 \quad C_{rec\_ecl\_rad} = 0,5 \quad C_{rec\_ecl\_non\_emis} = 0$$

Les valeurs de **Fe_{clc}** et de **Fe_{clR}** sont ajoutées respectivement à F_{intc} , flux convectif dû à des sources internes, et à F_{intr} , flux radiatif dû à des sources internes.

7.2 C_ECL_calcul des consommations d'éclairage des parties communes en logement collectif

7.2.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme introduit dans le moteur de calcul réglementaire le calcul de la consommation d'éclairage des circulations (Hall et escalier).

7.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 80 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de la consommation d'éclairage des locaux communs des logements collectifs.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	conv	
Usage _z	Type d'usage de la zone n°z issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de Th-BCE					
p ^a _{mobi (m,s)}	indicateur de mobilité de la zone par mois / semaine					
p ^s _{mobi (j,h)}	indicateur de mobilité de la zone par jour / heure					
t ^a _{occ (m,s)}	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par mois / semaine					
t ^s _{occ (j,h)}	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par jour /					
SREF ^{zn}	Surface de référence la zone du bâtiment issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de Th-BCE	m²	≥0			
Sorties						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
W ^z _{ef_ecl_parties_communes (h)}	Consommation électrique horaire de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale.	Wh				
C ^z _{ef_annuel_parties_communes (h)}	Consommation électrique annuelle de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale par m².SREF.	kWh/m².SREF				
Constantes ⁷						
Nom	Description	Unité			Conv	
P ^z _{ef_ecl_parties_commun}	Puissance surfacique d'éclairage circulations (hall et escalier) de la zone en W/m²	W/m²			2,19	

Tableau 80 : Nomenclature du modèle

⁷ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

7.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

7.2.3.1 Profil d'utilisation de l'éclairage des locaux communs :

Le profil d'utilisation de l'éclairage des locaux communs est calqué sur celui de la mobilité des ascenseurs pour les logements collectifs, décrit dans la partie 10.1.

7.2.3.2 Définition de la puissance d'éclairage surfacique conventionnelle des circulations :

La puissance d'éclairage conventionnelle utilisée pour le calcul des consommations est définie à partir de la consommation annuelle. Sa valeur est :

$$P_{ef\_ecl\_parties\_communes}^z = 2,19 \text{ W/m}^2 \cdot S_{REF} \quad (791)$$

7.2.3.3 Calcul de la consommation d'éclairage conventionnelle des locaux communs des logements collectifs :

Cette consommation n'est calculée que pour l'usage logement collectif. La formule ci-dessous tient compte du fait que l'on peut avoir plusieurs zones dans un même bâtiment. De même, on utilise les surfaces habitables des zones pour répartir les consommations dans chaque zone.

Calcul horaire (Wh)

Si Usage_zone=2 - logements collectifs,

$$W_{cef\_ecl\_parties\_communes}^z(h) = P_{ef\_circ\_ecl}^z * p_{mobi}^a * p_{mobi}^s * S_{REF}^{zn} \quad (792)$$

Sinon

$$W_{cef\_ecl\_parties\_communes}^z(h) = 0 \quad (793)$$

Calcul annuel (kWh/m².SREF)

$$C_{ef\_circ\_ecl\_annuel}^z = \sum_{h=0}^{8760} \frac{W_{cef\_ecl\_parties\_communes}^z(h)}{S_{REF}^{bat}} \quad (794)$$

8. CHAUFFAGE, REFROIDISSEMENT

8.1 C-Emi-Systèmes Emissions du groupe en chaud et en froid

8.1.1 INTRODUCTION

Cette fiche permet la définition d'une **émission équivalente en chauffage** et une **émission équivalente en refroidissement**, caractérisée par :

- Ses propriétés physiques : variation spatiale, pertes au dos, température de fonctionnement, parts des phénomènes convectifs et radiatifs dans les échanges avec l'ambiance
- La part de la demande en énergie du groupe assurée par l'émission équivalente pour le chaud et pour le froid,
- Son dispositif de régulation, lui-même défini par une variation temporelle et une mesure de température.
- Ses ventilateurs locaux, définis par une consommation électrique et une énergie transmise à l'ambiance sous forme de chaleur,

A partir de ces émissions équivalentes, on déterminera :

- Les besoins totaux du groupe en énergie,
- Les demandes en énergie de chacun des émetteurs présents dans le groupe,
- Les températures finales du groupe atteintes suite à la transmission de l'énergie au groupe via les émetteurs,

Les étapes de calcul sont les suivantes :

1. Dans un premier temps, on déterminera les propriétés des deux émetteurs équivalents, l'un pour l'émission de chaud, l'autre pour l'émission de froid. On calculera également les consommations des ventilateurs locaux équivalentes pour l'ensemble du groupe,
2. Dans un deuxième temps, il faut déterminer si le système a besoin de chaud, de froid, ou pas de besoins. Pour cela, il faut calculer la température vue par le régulateur de l'émetteur effectif, et la comparer aux températures de consigne.
3. Ensuite, on calcule la relation entre puissance totale de l'émetteur équivalent et température moyenne vue par la sonde (droite du groupe).
4. On interpole à la température de consigne pour obtenir la puissance requise totale pour le groupe.
5. On calcule la puissance requise par émetteur et toutes les températures obtenues à la fin du pas de temps en prenant en compte l'émission.

8.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 81 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
$i_{occ\_zone}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h	Ent.	
$i_{occ\_zone}(h-1)$	Indicateur d'occupation au temps $h-1$	Ent.	
$\theta_{i,moy(0;0)}(h)$	Température moyenne de l'air à puissance nulle	°C	
$\theta_{i,moy(10;0)}(h)$	Température moyenne de l'air pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C	
$\theta_{i,moy(0;10)}(h)$	Température moyenne de l'air pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C	
$\theta_{s,moy(0;0)}(h)$	Température moyenne secondaire du groupe à puissance nulle	°C	
$\theta_{s,moy(10;0)}(h)$	Température moyenne secondaire pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C	
$\theta_{s,moy(0;10)}(h)$	Température moyenne secondaire pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C	
$\theta_{m,moy(0;0)}(h)$	Température moyenne de masse à puissance nulle	°C	
$\theta_{m,moy(10;0)}(h)$	Température moyenne de masse pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C	
$\theta_{m,moy(0;10)}(h)$	Température moyenne de masse pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C	
$\theta_{rm,moy(0;0)}(h)$	Température radiante moyenne à puissance nulle	°C	
$\theta_{rm,moy(10;0)}(h)$	Température radiante moyenne pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C	
$\theta_{rm,moy(0;10)}(h)$	Température radiante moyenne pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C	
$\theta_{op,moy(0;0)}(h)$	Température opérative moyenne ressentie à puissance nulle	°C	
$\theta_{op,moy(10;0)}(h)$	Température opérative moyenne une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C	
$\theta_{op,moy(0;10)}(h)$	Température opérative moyenne ressentie pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C	

Comportement thermique du groupe

Relance	$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h.	Ent.
	$\theta_{iich\_relance}(h)$	Température de consigne initiale de chauffage définie par le scénario de relance au pas de temps h.	°C
	$\theta_{iifr\_relance}(h)$	Température de consigne initiale de refroidissement définie par le scénario de relance au pas de temps h.	°C
Environnement intérieur	$\theta_{iich}(h)$	Température de consigne initiale de chauffage au pas de temps h.	°C
	$\theta_{iifr}(h)$	Température de consigne initiale de refroidissement au pas de temps h	°C
C_Ein_Determination des saisons	$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison effective de chauffage. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Ent.
	$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison effective de refroidissement. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	Ent.
Désaum. (après croisement)	$Q_{sys\_lat}^{em}(h)$	Energie latente fournie par l'émetteur <i>em</i> au pas de temps h.	Wh
	$Q_{sys\_lat}(h)$	Energie latente fournie par l'ensemble des émetteurs au pas de temps h.	Wh
Brasseur	$\delta\theta_{consfr}^{BA}(h)$	Impact sur la température de consigne dû aux brasseurs d'air	°C

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Propriétés de l'émetteur	$id_{em\_chaud}^{em}$	Booléen indiquant si l'émetteur <i>em</i> a une fonction de chauffage.	Bool	0	1	-
	$id_{em\_froid}^{em}$	Booléen indiquant si l'émetteur <i>em</i> a une fonction de refroidissement (un émetteur peut avoir les deux fonctions).	Bool	0	1	-
	$\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$	Variation spatiale en mode chauffage.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\delta\theta_{vs\_fr}^{em}$	Variation spatiale en mode refroidissement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$P_{emconv\_ch}^{em}$	Ratio d'énergie convective sur l'énergie totale transmise pour le chaud.	-	0	1	-
	$P_{emconv\_fr}^{em}$	Ratio d'énergie convective sur l'énergie totale transmise pour le froid.	-	0	1	-

P_{per}^{em}	Ratio de pertes au dos de l'émetteur sur l'énergie émise.	-	0	1	
$Gest_{VCV}^{em}$	Mode de gestion/régulation des ventilateurs locaux de l'émetteur : <i>0 : Pas de ventilateur.</i> <i>1 : Régulation manuelle uniquement,</i> <i>2 : Régulation automatique nécessitant un fonctionnement permanent des ventilateurs,</i> <i>3 : Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte.</i>	Ent.	0	3	-
i_{spv}^{em}	Présence d'un régime de super petite vitesse automatique sur le ventilo-convecteur.	Bool	faux	vrai	-
$P_{VCV\_GV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de grande vitesse.	W	0	$+\infty$	-
$P_{VCV\_MV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de moyenne vitesse.	W	0	$+\infty$	-
$P_{VCV\_PV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de petite vitesse.	W	0	$+\infty$	-
$P_{VCV\_SPV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de super petite vitesse.	W	0	$+\infty$	-
$Seuil_{VCV\_pvmv\_ch}^{em}$	Seuil de besoins de chauffage à partir duquel le ventilo-convecteur fonctionne en régime de moyenne vitesse.	Wh/m ²	0	$+\infty$	20
$Seuil_{VCV\_pvmv\_fr}^{em}$	Seuil de besoins de froid à partir duquel le ventilo-convecteur fonctionne en régime de moyenne vitesse.	Wh/m ²	$-\infty$	0	-20
id_{regul_batt}	Type de régulation de la batterie de refroidissement : <i>0- Batterie à débit d'eau régulé de façon progressive</i> <i>1- Autre cas (température de batterie constante)</i>	-	0	1	-
$Q_{v\_recirc\_GV}^{em}$	Débit de recirculation en grande vitesse, exprimé en m ³ /h.	m ³ /h	0	$+\infty$	-
$Q_{v\_recirc\_MV}^{em}$	Débit de recirculation en moyenne vitesse, exprimé en m ³ /h.	m ³ /h	0	$+\infty$	-
$Q_{v\_recirc\_PV}^{em}$	Débit de recirculation en petite vitesse, exprimé en m ³ /h.	m ³ /h	0	$+\infty$	-

Propriétés du dispositif de régulation	$\theta_{batt\_dim}^{em}$	Température de dimensionnement de la batterie froide de l'émetteur.	°C	0	25	
	FB_{batt}^{em}	Facteur de by-pass de la batterie pour une batterie à débit d'eau régulé de façon progressive (conventionnel).	Réel	0	1	0.8
	$\delta\theta_{vt\_ch}^{em}$	Variation temporelle en mode chauffage.	°C	0.2	$+\infty$	
	$\delta\theta_{vt\_fr}^{em}$	Variation temporelle en mode refroidissement.	°C	$-\infty$	-0.4	
	$Id_{detection\_presence}^{em}$	Booléen indiquant si l'émetteur <i>em</i> dispose d'une détection de présence pièce par pièce 1 : tous les émetteurs présents dans la pièce desservie par l'émetteur <i>em</i> sont régulés selon la présence dans la pièce 0 : Autres cas	Bool	0	1	
	$\delta\theta_{presence\_ch}^{em}$	Variation de la température en mode chauffage pour prendre en compte l'impact de la régulation par détection de présence par pièce	°C	$-\infty$	$+\infty$	-0.15
	$P_{sd\_ch}^{em}$	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur de l'émetteur pour le chaud. <i>Valeurs extrêmes :</i> 0 : mesure sur la température radiante, 1 : mesure sur la température de l'air.	Réel	0	1	0.5
	$P_{sd\_fr}^{em}$	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur de l'émetteur pour le froid. <i>Valeurs extrêmes :</i> 0 : mesure sur la température radiante, 1 : mesure sur la température de l'air.	Réel	0	1	0.5

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Emetteur	$Rat_{s\_ch}^{em}$	Ratio de la surface utile traitée par l'émetteur à la surface utile totale du groupe en chaud.	-	0	1	

Groupe Distribution de froid du groupe	$Rat_{s\_fr}^{em}$	Ratio de la surface utile traitée par l'émetteur à la surface utile totale du groupe en froid.	-	0	1	
	$Rat_{t\_ch}^{em}$	Part assurée par l'émetteur dans l'énergie de chaud totale fournie à la surface utile traitée.	-	0	1	
	$Rat_{t\_fr}^{em}$	Part assurée par l'émetteur dans l'énergie de froid totale fournie à la surface utile traitée.	-	0	1	
	i_{clim}	Booléen indiquant si le groupe est refroidi.	Bool	0	1	-
	A_{gr}	Surface utile du groupe.	m ²	0	$+\infty$	-
	id_{type}	Type de réseau de distribution du groupe : <i>0 : réseau de distribution fictif,</i> <i>1 : réseau de distribution hydraulique.</i>	Ent.	0	1	-
	id_{gest_fr}	Mode de régulation de la température de la distribution du groupe associée à l'émetteur.	Ent	1	3	-
	$\theta_{dep\_dim\_fr}$	Température de départ de dimensionnement (si le réseau fonctionne à température de départ constante).	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$\theta_{ret\_dim\_fr}$	Température de retour de dimensionnement (pour le mode à température de retour constante).	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$\Delta\theta_{em\_dim\_fr}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement en froid.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-

Sorties

	Nom	Description	Unité
Sorties par émetteur	$Rat_{eff\_ch}^{em}$	Part de l'énergie fournie au groupe effective assurée par l'émetteur en chauffage.	Ent
	$Rat_{eff\_fr}^{em}$	Part de l'énergie fournie au groupe effective assurée par l'émetteur en refroidissement.	Ent
	$Q_{sys\_fr}^{em}(h)$	Demande en énergie de chauffage transmise par l'émission à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh
	$Q_{sys\_ch}^{em}(h)$	Demande en énergie de refroidissement transmise par l'émission <i>em</i> à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh

Désaum.	$Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h)$	Débit massique de recirculation effectif sur la batterie froide de l'émetteur em .	kg/s
	$\omega_{sat}^{em}(h)$	Humidité spécifique à saturation pour la température de batterie θ_{batt} .	kg/kg as
	$\theta_{sd,fin}(h)$	Température vue par la sonde effective à la fin du pas de temps	°C
	$\theta_{i,fin}(h)$	Température de l'air à la fin du pas de temps	°C
	$\theta_{m,fin}(h)$	Température de masse à la fin du pas de temps	°C
	$\theta_{s,fin}(h)$	Température opérative du groupe à la fin du pas de temps	°C
	$\theta_{op,fin}(h)$	Température ressentie par l'occupant à la fin du pas de temps	°C
Sorties au niveau du groupe	$\theta_{sd,moy}(h)$	Température vue par la sonde effective moyenne sur le pas de temps	°C
	$\theta_{i,moy}(h)$	Température moyenne de l'air sur le pas de temps	°C
	$\theta_{m,moy}(h)$	Température de masse moyenne sur le pas de temps	°C
	$\theta_{s,moy}(h)$	Température opérative moyenne du groupe sur le pas de temps	°C
	$\theta_{op,moy}(h)$	Température ressentie par l'occupant moyenne sur le pas de temps	°C
	$\Phi_{crois\_ch}(h)$	Puissance de chauffage nécessaire issue du croisement.	W
	$\Phi_{crois\_fr}(h)$	Puissance de refroidissement nécessaire issue du croisement.	W
	$id_{bch}(h)$	Indicateur de besoins de chaud non-nuls au pas de temps h.	Bool
	$id_{bfr}(h)$	Indicateur de besoins de froid non-nuls au pas de temps h.	Bool
	$Q_{sys\_ch}(h)$	Energie requise pour le chauffage totale du groupe.	Wh
	$Q_{sys\_fr}(h)$	Energie requise pour le refroidissement totale du groupe.	Wh
Ventilateurs	$W_{vent\_loc\_tot}(h)$	Consommation électrique totale des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe.	Wh

$\Phi_{vent\_loc\_vc}(h)$	Energie consommée par les ventilateurs locaux de l'ensemble des émetteurs du groupe et transmise à l'ambiance sous forme de chaleur.	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
Emetteur équivalent de chaud	$Rat_{em\_eq\_ch}$	Part de l'énergie fournie au groupe assurée par l'émission en chaud. -
	$\delta\theta_{vt\_ch}$	Variation temporelle de l'émetteur équivalent de chaud. °C
	$\delta\theta_{vs\_ch}$	Variation spatiale de l'émetteur équivalent de chaud. °C
	$P_{emconv\_eq\_ch}$	Ratio d'énergie convective de l'émetteur équivalent de chaud -
	P_{sd_ch}	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur associé à l'émetteur équivalent de chaud. <i>Valeurs extrêmes :</i> <i>0 : mesure sur la température radiante,</i> <i>1 : mesure sur la température de l'air.</i> -
	$\theta_{i\_eq\_ch}(h)$	Température de consigne équivalente en chauffage. °C
	$\theta_{sd\_eq\_ch}(h)$	Température vue par la sonde de l'émetteur équivalent de chaud au début du pas de temps °C
Emetteur équivalent de froid	$Rat_{em\_eq\_fr}$	Part de l'énergie fournie au groupe assurée par l'émetteur équivalent en froid. -
	$\delta\theta_{vt\_fr}$	Variation temporelle de l'émetteur équivalent de froid. °C
	$\delta\theta_{vs\_fr}$	Variation spatiale de l'émetteur équivalent de froid. °C
	$P_{emconv\_eq\_fr}$	Ratio d'énergie convective de l'émetteur équivalent de froid -
	$P_{sd\_eq\_fr}$	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur associé à l'émetteur équivalent de froid. <i>Valeurs extrêmes :</i> <i>0 : mesure sur la température radiante,</i> <i>1 : mesure sur la température de l'air.</i> -
	$\theta_{i\_eq\_fr}(h)$	Température de consigne équivalente en refroidissement °C
	$\theta_{sd\_eq\_fr}(h)$	Température vue par la sonde de l'émetteur équivalent de froid au début du pas de temps. °C

Emetteur équivalent sollicité	P_{emconv}	Ratio d'énergie convective de l'émetteur équivalent sollicité (soit le chaud, soit le froid).	-
	P_{sd}	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur associé à l'émetteur équivalent sollicité (soit celui de chaud, soit celui de froid). <i>Valeurs extrêmes :</i> <i>0 : mesure sur la température radiante,</i> <i>1 : mesure sur la température de l'air.</i>	-
	$\theta_{sd\_0}(h)$	Température vue par la sonde associée au régulateur de l'émetteur équivalent sollicité (soit le chaud, soit le froid), en fin de temps et à puissance émise nulle.	°C
	$\theta_{sd\_10}(h)$	Température vue par la sonde associée au régulateur de l'émetteur équivalent sollicité (soit le chaud, soit le froid), en fin de temps et à puissance émise de 10 kW.	°C
	$\theta_{ic}(h)$	Température de consigne équivalente (soit de chaud, soit de froid).	°C
Ventilateurs locaux	$W_{vent\_loc}^{em}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs locaux de l'émetteur em.	Wh
	$\Phi_{vent\_loc\_amb}^{em}(h)$	Energie transmise à l'ambiance par les ventilateurs sous forme de chaleur.	Wh
	$Q_{v\_recirc}^{em}(h)$	Débit volumique de recirculation des ventilateurs locaux de l'émetteur em.	m ³ /h
	$Q_{m\_recirc}^{em}(h)$	Débit massique de recirculation des ventilateurs locaux de l'émetteur em.	kg/s
Droite du groupe	$\theta_{batt}^{em}(h)$	Température de batterie froide de l'émetteur pour le calcul de la déshumidification.	°C
	a_0	Ordonnée à l'origine de la droite du groupe	W
	a_1	Pente de la droite du groupe	W/°C
	$\Phi_{util}(h)$	Puissance moyenne utile appelée par le groupe	W
	$\Phi_{crois}(h)$	Puissance nécessaire issue du croisement	W

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Ca	Chaleur massique de l'air sec.	J/kgK	1006

Tableau 81 : Nomenclature du modèle

8.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

8.1.3.1 Caractérisation des émetteurs

8.1.3.1.1 Emission conventionnelle en calcul de BBio

Pour le calcul du coefficient BBio, on adopte une émission équivalente conventionnelle pour chaque groupe, avec les caractéristiques suivantes :

- Un seul composant émetteur de chauffage par groupe,
- Un seul composant émetteur de refroidissement par groupe refroidi ($i_{clim}^{gr} = 1$),
- Variation spatiale (en chauffage : $\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$ et en refroidissement : $\delta\theta_{vs\_fr}^{em}$) : 0 K,
- Variation temporelle (en chauffage : $\delta\theta_{vt\_ch}^{em}$ et en refroidissement : $\delta\theta_{vt\_fr}^{em}$) : 0 K,
- Part convective de transmission de l'énergie au groupe (en chauffage : P_{emconv_ch} et en refroidissement : P_{emconv_fr}) : 0.5,
- Pertes au dos (P_{per}^{em}) : 0,
- Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur de l'émetteur (en chauffage : $P_{sd\_ch}^{em}$, en refroidissement : $P_{sd\_fr}^{em}$) : 0.5,
- Pas de ventilateurs locaux.

8.1.3.1.2 Variations spatiales associées à l'émetteur en chauffage

Pour le calcul de consommations (Th-C), L'émetteur est caractérisé par une variation spatiale en chauffage $\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$ et une en refroidissement, dépendant de la classe de l'émetteur utilisé et de la hauteur sous plafond du local desservi.

La méthode de calcul ThC offre deux possibilités de définition de ce paramètre :

- le choix d'une classe A, B (déclinée en B1, B2 et B3) ou C pour le chauffage,
- la définition directe d'une valeur de variation spatiale à appliquer en fonction de chauffage, dans le cas où celle-ci peut être justifiée.

Les catégories d'émetteurs de chaud concernées par les différentes classes sont les suivantes :

- **Classe A** : plancher chauffant,
- **Classe B1** : émetteurs à forte induction : diffuseurs à jet vertical descendant, buses, diffuseurs tourbillonnaires, à géométrie variable, etc...
- **Classe B2** : diffusion d'air, poutres climatiques, ventilo-convecteurs,
- **Classe B3** : émetteurs rayonnants (autres que plancher), plafond chauffant.
- **Classe C** : autres cas.

$\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$	Locaux de moins de 4 mètres sous plafond	Locaux de 4 à moins de 6 mètres sous plafond	Locaux de 6 à moins de 8 mètres sous plafond	Locaux de plus de 8 mètres sous plafond
Classe A	0	0	0	0
Classe B1	0	0	0.5	1.0
Classe B2	0	0.6	1.7	2.8
Classe B3	0.2	0.8	1.2	1.6
Classe C	0.4	1.2	2.0	2.8

Tableau 82 : Valeurs de variation spatiale en chauffage en fonction des paramètres impliqués

Dans le cas particulier des poêles et inserts, les valeurs par défaut suivantes sont fixées :

$\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$	
Appareil desservant 1 seul niveau	Appareil desservant 2 niveaux
0.9	1,4

Tableau 83 : Valeurs de variation spatiale en chauffage pour les poêles et inserts

8.1.3.1.3 Variations spatiales associées à l'émetteur en refroidissement

L'émetteur est caractérisé par une variation spatiale en refroidissement $\delta\theta_{vs\_fr}^{em}$, dépendant de la classe de l'émetteur utilisé et de la hauteur sous plafond du local desservi.

La méthode de calcul ThC offre deux possibilités de définition de ce paramètre :

- le choix d'une classe A, B ou C pour le refroidissement,
- la définition directe d'une valeur de variation spatiale à appliquer en fonction de refroidissement, dans le cas où celle-ci peut être justifiée.

Les émetteurs de froid concernés par les différentes classes sont les suivants :

- **Classe A** : plancher froid, système à déplacement d'air,
- **Classe B** : diffusion d'air, émetteur avec brassage de l'air ambiant, poutres climatiques,
- **Classe C** : plafond rafraîchissant, autres cas.

$\delta\theta_{vs\_fr}^{em}$	Locaux de moins de 4 mètres sous plafond	Locaux de 4 à moins de 6 mètres sous plafond	Locaux de 6 à moins de 8 mètres sous plafond	Locaux de plus de 8 mètres sous plafond
Classe A	0	0.4	0.8	1.2
Classe B	0	0.2	0.4	0.6
Classe C	0	0	0	0

Tableau 84 : Valeurs de variation spatiale en refroidissement en fonction des paramètres impliqués

8.1.3.1.4 Parts convectives de transmission de l'énergie au groupe

Un émetteur transmet l'énergie pour le chaud et/ou pour le froid au travers d'échanges à la fois radiatifs et convectifs. Selon le profil de l'émetteur, les parts des phénomènes radiatifs ($1-P_{em}$) et convectifs (P_{em}) dans les échanges seront différentes. L'une peut se déduire de l'autre car leur somme est égale à l'unité. On définit un P_{em} en chaud et un P_{em} en froid.

Description de l'émetteur	P_{emconv_ch}
Pas d'émetteur de chaud.	0
Soufflage d'air chaud (convecteurs, ventilo-convecteurs, aérothermes...).	0.95
Emetteurs muraux rayonnants (panneaux rayonnants, radiateur à eau chaude...).	0.70
Planchers chauffants, tubes rayonnants gaz basse température, panneau radiant lumineux gaz, inserts, poêles à bois (autre que accumulation).	0.50
Murs chauffants, panneaux rayonnants de plafonds, cassette rayonnante basse ou moyenne température, poêles à accumulation.	0.35
Plafond chauffant, radiant électrique infrarouge moyen ou infrarouge court	0.20

Tableau 85 : Parts convectives en chauffage P_{emconv_ch} en fonction de la typologie d'émetteur

Description de l'émetteur	P_{emconv_fr}
Soufflage d'air froid (ventilo-convecteurs...)	0.95
Poutre froide	0.80
Plafond rafraîchissant, panneaux rafraîchissant de plafond	0.50
Mur rafraîchissant	0.35
Plancher rafraîchissant	0.20

Tableau 86 : Parts convectives en refroidissement P_{emconv_fr} en fonction de la typologie d'émetteur

8.1.3.1.5 Pertes d'énergie au dos de l'émetteur

Pour les émetteurs intégrés aux parois donnant sur l'extérieur ou un espace non-chauffé, les pertes d'énergie dues à l'émission partielle de la chaleur (ou du froid) vers l'espace non chauffé adjacent doivent être comptabilisées. On les qualifie de pertes au dos, et elles sont caractérisées par P_{per} , part perdue de la quantité d'énergie (chaud ou froid) fournie au groupe par l'émetteur, exprimée en pourcentage.

Ces pertes se calculent à l'aide de la formule suivante :

Plancher donnant sur l'extérieur, un vide sanitaire, le sol ou un local non chauffé :

$$P_{per} = R_i \cdot U_e \quad (795)$$

Avec :

- R_i : résistance thermique de la paroi extérieure entre le plancher chauffant et l'intérieur incluant la résistance superficielle intérieure R_{si} ($m^2.K/W$)
- U_e : coefficient de transmission thermique équivalent du plancher ($W/m^2.K$)

8.1.3.1.6 Variations temporelles associées à l'émetteur

L'émetteur est caractérisé par une variation temporelle en chauffage $\delta\theta_{vt\_ch}^{em}$ et une en refroidissement $\delta\theta_{vt\_fr}^{em}$, fonction de la précision de la régulation terminale du couple régulateur/émetteur à l'échelle du local.

La méthode de calcul offre quatre alternatives dans la définition de ces valeurs :

- La saisie directe d'une valeur certifiée, notamment pour les robinets thermostatiques, les régulations d'ambiance et les thermostats intégrés.

Par ailleurs, pour les émetteurs de type effet joule, la valeur saisie ne peut être inférieure à 0,2K, et à 0,4K pour les autres types d'émetteur de chauffage. Elle ne peut être supérieure à (-0,4K) pour les émetteurs de refroidissement.

- La saisie de la valeur justifiée, augmentée de +0.5K en mode chaud ou de (-0.5K) en mode froid, par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes harmonisées.

Note : en froid, le paramètre de la méthode $\delta\theta_{vt\_fr}^{em}$ est définie négativement. Il convient donc de retenir l'opposé de la valeur justifiée ou certifiée, si celle-ci est définie positivement.

- A défaut de valeur certifiée, les valeurs par défaut suivantes sont retenues :

$\delta\theta_{vt\_ch}^{em}$	Valeur de la variation temporelle en chauffage
Couple régulateur/émetteur ne permettant pas un arrêt total de l'émission	2.0
Couple régulateur/émetteur permettant un arrêt total de l'émission	1.8
$\delta\theta_{vt\_fr}^{em}$	Valeur de la variation temporelle en froid
Couple régulateur/émetteur ne permettant pas un arrêt total de l'émission	-2.0
Couple régulateur/émetteur permettant un arrêt total de l'émission	-1.8

Tableau 87 : Valeurs par défaut de variations temporelles en chauffage et en refroidissement

- Pour les poêles et inserts uniquement, les valeurs de variations temporelles retenues sont conventionnelles, en fonction du mode de régulation :

Type de régulation	Tout type de locaux
Avec thermostat d'ambiance	2
Régulation manuelle	2,5

Tableau 88: Valeurs conventionnelles de variations temporelles dans le cas de poêles et inserts

8.1.3.1.7 Température perçue par le dispositif de régulation de l'émetteur

La finalité du dispositif de régulation de l'émetteur est de mesurer la température intérieure du local et d'adapter en fonction d'une température de consigne l'énergie à fournir.

La température intérieure perçue par ce dispositif est une moyenne pondérée de la température de l'air intérieur et de la température radiante dans le groupe, le coefficient de pondération pour la température d'air étant noté P_{sd} (chauffage : $P_{sd\_ch}^{em}$ et refroidissement: $P_{sd\_fr}^{em}$).

La valeur conventionnellement retenue est de 0.5, quelques soient les configurations de régulateurs.

8.1.3.1.8 Rat^{em} en chaud et en froid

Chaque groupe possède un émetteur équivalent de chaud et de froid. Un émetteur équivalent est décrit par les mêmes caractéristiques qu'un émetteur, à l'exception des pertes au dos et des puissances de ventilateurs locaux.

La contribution de chaque émetteur est définie par son Rat_{ch}^{em} et son Rat_{fr}^{em} . Ces ratios sont obtenus à partir :

- de Rat_s , ratio de la surface utile du local (ou des locaux) desservi(s) par l'émetteur sur la surface utile totale du groupe,
- de Rat_t , ratio de répartition des besoins entre plusieurs émetteurs desservant un même local (ou des mêmes locaux).

$$Rat_{ch}^{em} = Rat_{s_{ch}}^{em} \times Rat_{t_{ch}}^{em}$$

(796)

$$Rat_{fr}^{em} = Rat_{s_{fr}}^{em} \times Rat_{t_{fr}}^{em}$$

8.1.3.2 Calcul des émetteurs équivalents

Pour définir correctement l'émetteur équivalent, on a donc besoin de définir la contribution effective de chaque émetteur à l'émetteur équivalent par l'intermédiaire des Rat_{eff}^{em} pour chaque émetteur. La somme des Rat_{em} doit toujours être plus petite ou égale à 1. Si cette somme est nulle, alors le Rat_{eff}^{em} correspondant est nul aussi.

$$\begin{aligned} Rat_{eff\_ch}^{em} &= \frac{Rat_{ch}^{em}}{\sum_{em} Rat_{ch}^{em}}, \\ Rat_{eff\_fr}^{em} &= \frac{Rat_{fr}^{em}}{\sum_{em} Rat_{fr}^{em}}. \end{aligned} \quad (797)$$

On détermine les caractéristiques des deux systèmes équivalents comme suit :

Emetteur de chaud équivalent :

Emetteur de froid équivalent :

$$\begin{aligned} Rat_{em\_eq\_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch}^{em} & Rat_{em\_eq\_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr}^{em} \\ P_{sd\_eq\_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch\_eff}^{em} \times P_{sd\_ch}^{em} & P_{sd\_eq\_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr\_eff}^{em} \times P_{sd\_fr}^{em} \\ P_{em\_eq\_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch\_eff}^{em} \times P_{em\_ch}^{em} & P_{em\_eq\_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr\_eff}^{em} \times P_{em\_fr}^{em} \\ \delta\theta_{vt\_eq\_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch\_eff}^{em} \times \delta\theta_{vt\_ch}^{em} & \delta\theta_{vt\_eq\_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr\_eff}^{em} \times \delta\theta_{vt\_fr}^{em} \\ \delta\theta_{vs\_eq\_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch\_eff}^{em} \times \delta\theta_{vs\_ch}^{em} & \delta\theta_{vs\_eq\_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr\_eff}^{em} \times \delta\theta_{vs\_fr}^{em} \end{aligned} \quad (798)$$

On détermine l'effet de la détection de présence pièce par pièce comme suit :

$$\delta\theta_{presence\_eq\_ch} = \sum_{em} Rat_{ch\_eff}^{em} \times \delta\theta_{presence\_ch}^{em} \times Id_{detection\_presence}^{em} \quad (799)$$

Est considéré comme un système de détection de présence pièce par pièce tout système permettant, dans chaque local desservi par une installation de chauffage, de mettre automatiquement le chauffage du seul local en mode occupation en cas de présence humaine dans le local (et uniquement dans ce cas), et de le mettre en mode réduit dans tous les autres cas. La mise en mode réduit du chauffage du local doit se faire au plus tard 15 minutes après que la dernière personne ait quitté le local.

Par convention, un interrupteur à chaque entrée de chaque local desservi par une installation de chauffage, qui permet, dans cette seule pièce, de déclencher et de couper le chauffage ou de modifier son mode de régulation, est considéré comme un système de détection de présence pièce par pièce.

8.1.3.3 Détermination du besoin

8.1.3.3.1 Calculs préliminaires

On détermine si le groupe a besoin de chaud, de froid, ou rien. On commence par calculer les températures de consignes corrigées des variations :

$$\begin{aligned}\theta_{i\_eq\_ch}(h) &= MAX\left(\theta_{iich}(h); \theta_{iich_{relance}}(h)\right) + \delta\theta_{vs\_eq\_ch} + \delta\theta_{vt\_eq\_ch} + \delta\theta_{presence\_eq\_ch}, \\ \theta_{i\_eq\_fr}(h) &= MIN\left(\theta_{iifr}(h); \theta_{iifr_{relance}}(h)\right) + \delta\theta_{vs\_eq\_fr} + \delta\theta_{vt\_eq\_fr}\end{aligned}\quad (800)$$

En présence de brasseurs d'air au niveau du groupe considéré, la variable $\delta\theta_{consfr}^{BA}(h)$ est calculée à chaque pas de temps dans la fiche C_BAT_Fonctionnement/gestion/régulation des brasseurs d'air. Dans le cas contraire cette valeur est nulle.

On détermine ensuite les températures perçues par les régulateurs fictifs des deux émetteurs équivalents. Elles sont reliées aux températures de l'air et à la température radiante moyenne via les coefficients P_{sd} .

$$\begin{aligned}\theta_{sd\_eq\_ch}(h) &= P_{sd\_eq\_ch} \cdot \theta_{i,moy(0,0)}(h) + (1 - P_{sd\_eq\_ch}) \cdot \theta_{rm,moy(0,0)}(h) \\ \theta_{sd\_eq\_fr}(h) &= P_{sd\_eq\_fr} \cdot \theta_{i,moy(0,0)}(h) + (1 - P_{sd\_eq\_fr}) \cdot \theta_{rm,moy(0,0)}(h)\end{aligned}\quad (801)$$

8.1.3.3.2 Détermination des propriétés de l'émetteur équivalent sollicité

A un pas de temps donné, on considère conventionnellement qu'un seul des deux émetteurs équivalent peut être sollicité (un groupe ne peut être refroidi et chauffé au même pas de temps).

Si $\theta_{sd\_eq\_fr}(h) > \theta_{i\_eq\_fr}(h)$, alors l'émetteur équivalent sollicité est celui de froid.

Si $\theta_{sd\_eq\_ch}(h) < \theta_{i\_eq\_ch}(h)$, alors l'émetteur équivalent sollicité est celui de chaud.

Dans le cas où ces deux conditions seraient vérifiées, on considère alors que la demande en chauffage est prioritaire sur la demande de froid.

Si les deux comparaisons sont fausses, alors aucune des deux émissions n'est sollicitée.

$$\begin{aligned}\text{Si } \theta_{sd\_eq\_ch}(h) < \theta_{i\_eq\_ch}(h), \\ &P_{sd} = P_{sd\_eq\_ch} \\ &P_{em} = P_{em\_eq\_ch} \\ &\theta_{ic} = \theta_{ich}\end{aligned}\quad (802)$$

Sinon,

$$\begin{aligned}\text{Si } \theta_{sd\_eq\_fr}(h) > \theta_{i\_eq\_fr}(h), \\ &P_{sd} = P_{sd\_eq\_fr} \\ &P_{em} = P_{em\_eq\_fr} \\ &\theta_{ic} = \theta_{ifr}\end{aligned}$$

Si aucun système n'est mis en fonctionnement, les températures finales du groupe sont simplement les températures finales en l'absence d'émission issue de la matrice du groupe.

8.1.3.4 Droite du groupe

La droite du groupe est définie par la relation linéaire qui existe entre la puissance totale du système et la température moyenne vue par la sonde

$$\phi_{crois} = a_0 + a_1 \theta_{sd}. \quad (803)$$

Celle-ci dépend du type d'émetteur équivalent mis en marche, froid ou chaud. Pour déterminer les coefficients de la droite, il faut commencer par calculer les températures moyennes de l'air et radiante moyenne à partir de la matrice du groupe dans le cas où les puissances sont nulles, et dans le cas où $\phi_{conv} = P_{emconv} \times 10 \times A_{gr}$ et $\phi_{rad} = (1 - P_{emconv}) \times 10 \times A_{gr}$. (P_{emconv} dépendant du système considéré). Celles-ci valent :

$$\begin{aligned} \theta_{i,moy\_0}(h) &= \theta_{i,moy(0,0)}(h), \\ \theta_{rm,moy\_0}(h) &= \theta_{rm,moy(0,0)}(h), \\ \theta_{i,moy\_10}(h) &= P_{em} \cdot \theta_{i,moy(10,0)}(h) + (1 - P_{em}) \cdot \theta_{i,moy(0,10)}(h), \\ \theta_{rm,moy\_10}(h) &= P_{em} \cdot \theta_{rm,moy(10,0)}(h) + (1 - P_{em}) \cdot \theta_{rm,moy(0,10)}(h), \end{aligned} \quad (804)$$

Les températures correspondantes perçues par la sonde sont :

$$\begin{aligned} \theta_{sd\_0}(h) &= P_{sd} \theta_{i,moy\_0}(h) + (1 - P_{sd}) \theta_{rm,moy\_0}(h), \\ \theta_{sd\_10}(h) &= P_{sd} \theta_{i,moy\_10}(h) + (1 - P_{sd}) \theta_{rm,moy\_10}(h). \end{aligned} \quad (805)$$

Les coefficients a_0 et a_1 sont calculés par :

$$\begin{cases} a_0(h) = -\frac{10}{\theta_{sd\_10}(h) - \theta_{sd\_0}(h)} \cdot \theta_{sd\_0}(h), \\ a_1(h) = \frac{10}{\theta_{sd\_10}(h) - \theta_{sd\_0}(h)}. \end{cases} \quad (806)$$

La Figure 87 montre un exemple de droite du groupe :

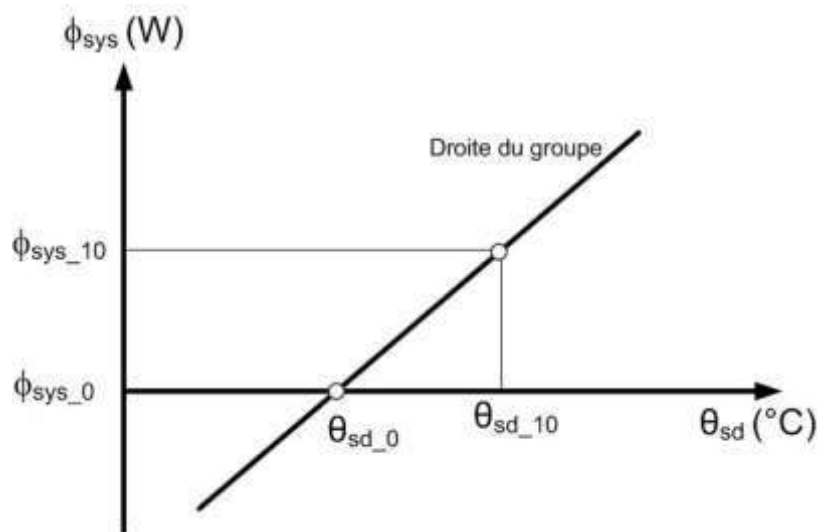


Figure 87 : Droite de comportement thermique d'un groupe

8.1.3.5 Calcul de la puissance totale requise par le groupe

Pour le calcul de la puissance totale requise, on considère que les émetteurs équivalents sont aptes à fournir une puissance infinie. La courbe de fonctionnement est donc une droite verticale $\theta_{sd} = \theta_{ic}$. La puissance requise ϕ_{crois} par le groupe est calculée par croisement entre cette courbe de fonctionnement et la droite du groupe.

Si $i_{clim} = Vrai$ alors,

$$\phi_{crois}(h) = a_0(h) + a_1(h) \cdot \theta_{ic}(h) \quad (807)$$

Sinon,

$$\phi_{crois}(h) = \max(a_0(h) + a_1(h) \cdot \theta_{ic}(h), 0)$$

La Figure 88 illustre les calculs effectués dans l'équation

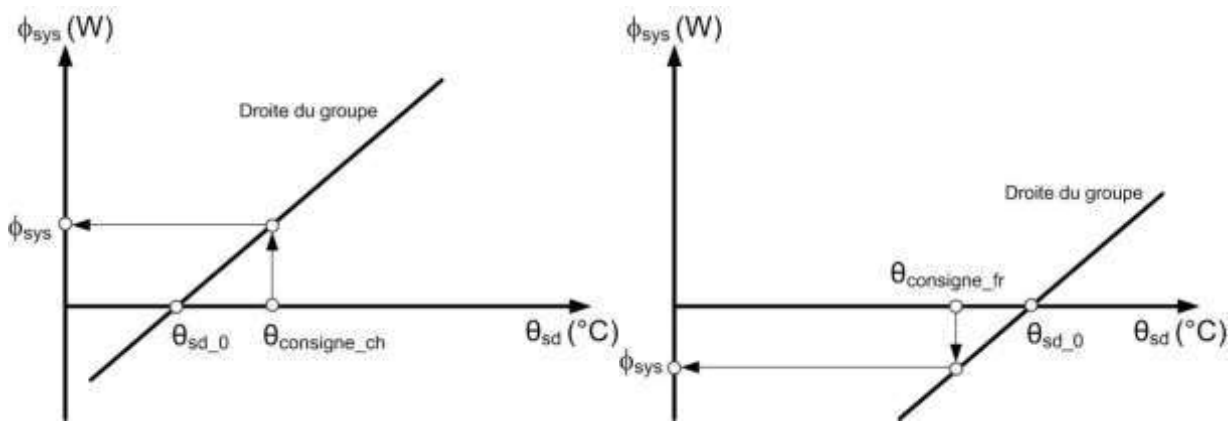


Figure 88 : Intersection avec la droite du groupe

Il est également nécessaire de calculer les puissances de croisement pour chacun des émetteurs équivalents :

$$\begin{cases} \phi_{crois\_ch}(h) = \max(0, \phi_{crois}(h)) \\ \phi_{crois\_fr}(h) = \min(0, \phi_{crois}(h)) \end{cases} \quad (808)$$

8.1.3.6 Impact des saisons de fonctionnement

La demande d'énergie déterminée par croisement n'est effective que si le groupe se trouve en période où l'usage des systèmes est autorisé.

Dans le cas d'une puissance requise de chauffage, cette dernière ne sera donc effective que si Saison(j) = 3 (saison de chauffage) ou 4 (saison mixte de chauffage et de refroidissement).

Dans le cas d'une puissance requise de refroidissement, cette dernière ne sera donc effective que si Saison(j) = 1 (saison de refroidissement) ou 4 (saison mixte de chauffage et de refroidissement).

En calculs du BBio, les données relatives aux saisons de fonctionnement sont celles propres du groupe (voir fiche **C_Ei_Détermination des saisons**).

En calculs des consommations, les données relatives aux saisons de fonctionnement sont les données effectives, issus d'une procédure commune à l'ensemble des groupes desservis par la même génération (voir la fiche **C_Gen_Détermination des saisons de fonctionnement des systèmes**).

Si $(\theta_{sd,fr} > \theta_{ifr}$ et $Aut_{fr,eff}(j) = 1$) ou si $(\theta_{sd,ch} < \theta_{ich}$ et $Aut_{ch,eff}(j) = 1$),
alors,

$$\begin{aligned} \phi_{util}(h) &= \phi_{crois}(h) \\ \text{Si } \phi_{crois}(h) &\neq 0, \text{ alors,} \\ &\begin{cases} id_{bch}(h) = \frac{\phi_{crois,ch}(h)}{\phi_{crois}(h)} \\ id_{bfr}(h) = \frac{\phi_{crois,fr}(h)}{\phi_{crois}(h)} \end{cases} \\ \text{Sinon,} & \\ &\begin{cases} id_{bch}(h) = 0 \\ id_{bfr}(h) = 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (809)$$

Sinon,

$$\begin{aligned} \phi_{util}(h) &= 0 \text{ (W)} \\ \begin{cases} id_{bch}(h) &= 0 \\ id_{bfr}(h) &= 0 \end{cases} \end{aligned}$$

Dans le cas d'une ϕ_{util} nulle, les températures finales du groupe sont les températures calculées dans la fiche comportement thermique du groupe, à puissance appliquée nulle.

8.1.3.7 Puissances requises et pertes au dos par émetteur

Les énergies requises en chauffage et en refroidissement(en Wh) par l'émetteur em au pas de temps h sont les suivantes :

$$\begin{aligned} Q_{sys,ch}^{em}(h) &= id_{em,chaud}^{em} \times \frac{Rat_{eff,ch}^{em} \times MAX(0; \phi_{util}(h))}{1 - P_{per}^{em}} \\ Q_{sys,fr}^{em}(h) &= id_{em,froid}^{em} \times \frac{Rat_{eff,fr}^{em} \times MIN(0; \phi_{util}(h))}{1 - P_{per}^{em}} \end{aligned} \quad (810)$$

8.1.3.8 Modélisation des ventilateurs locaux des émetteurs (en méthode Th-C uniquement)

8.1.3.8.1 Principe

La modélisation des ventilateurs locaux concerne les émetteurs gainés ou carrossés de type ventilo-convecteurs. On considère que ces ventilateurs possèdent au moins trois régimes de fonctionnement : à petite, moyenne et grande vitesse. Un régime de super petite vitesse peut également être prise en compte dans le cadre des ventilateurs à régulation automatique avec sonde intégrée (voir ci-dessous).

A chaque régime de fonctionnement est associé une puissance électrique P_{VCV} et un débit de recirculation $Q_{m,recirc}$. Le débit de recirculation correspond au débit effectif d'air intérieur qui fait l'objet d'un recyclage par l'émetteur. Ce débit de recirculation est considéré constant sur un pas de temps donné.

En ce qui concerne la régulation, on considère que les ventilateurs sont systématiquement asservis à la programmation et bascule en régime de grande vitesse (GV) en période de relance. Hors période de relance, les cas suivants sont distingués (selon la valeur de $Gest_{VCV}^{em}$):

- **Régulation manuelle uniquement** : le fonctionnement étant soumis à l'appréciation des occupants, on considère qu'il est permanent aussi bien en occupation qu'en inoccupation. Le choix entre régime de petite vitesse (PV) et moyenne vitesse (MV) est déterminé lors du premier pas de temps d'occupation, en fonction des besoins en énergie de chaud ou de froid.
- **Régulation automatique nécessitant un fonctionnement permanent des ventilateurs**: le fonctionnement des ventilateurs est permanent, par exemple pour permettre à la sonde intégrée de mesurer la température ambiante. Le régime retenu est adapté chaque heure aux besoins de chaud ou de froid calculés. En l'absence de besoins, le régime de super petite vitesse est enclenché si l'appareil en dispose.
- **Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte** : la régulation permet un arrêt des ventilateurs locaux en l'absence de besoins, et une adaptation du régime aux besoins le reste du temps.

Quelque soit le cas, les ventilateurs locaux ne sont activés qu'au cours des saisons de fonctionnement (chauffage et/ou refroidissement selon les fonctions de l'émetteur).

8.1.3.8.2 Algorithme de calcul des consommations électriques et des débits de recirculation d'un ensemble de ventilateurs locaux

La présence de ventilateurs locaux est signalée par : $Gest_{VCV}^{em} > 0$.

Les ventilateurs locaux ne sont activés qu'au cours des saisons de fonctionnement de l'émetteur auquel ils sont associés, ce qui se traduit par :

$$\begin{aligned} id_{em\_chaud}^{em} \times Aut_{ch,eff}(j) \text{ et } Aut_{ch,eff}(j) &= 1 \\ \text{Ou} \\ id_{em\_froid}^{em} &= 1 \text{ et } Aut_{fr,eff}(j) = 1 \end{aligned} \quad (811)$$

Dans le cas où ces conditions sont vérifiées, l'algorithme suivant est appelé :

Si $id_{relance}(h) = 1$, alors, (en relance, le régime grande vitesse est imposé)

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_GV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_GV}^{em} \end{cases}$$

Sinon, si $Gest_{VCV}^{em} = 1$, (gestion manuelle uniquement)

Si $id_{occ\_zone}(h) = 1$ et $id_{occ\_zone}(h-1) = 0$, alors,

Si $Q_{sys\_ch}^{em}(h) > Rat_{eff\_ch}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV\_pvmv\_ch}^{em}$ ou $Q_{sys\_fr}^{em}(h) < Rat_{eff\_fr}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV\_pvmv\_fr}^{em}$, alors,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_MV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_MV}^{em} \end{cases} \quad (812)$$

Sinon,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_PV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_PV}^{em} \end{cases}$$

Sinon,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc}^{em}(h-1) \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = W_{vent\_loc}^{em}(h-1) \end{cases}$$

Sinon, si $Gest_{VCV}^{em} = 2$, alors, (gestion automatique nécessitant un fonctionnement permanent des ventilateurs)

Si $i_{spv} = 1$ et $id_{bch}(h) = 0$ et $id_{bfr}(h) = 0$, alors,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = 0(m^3/h) \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_SPV}^{em} \end{cases}$$

Sinon,

Si $Q_{sys\_ch}^{em}(h) > Rat_{eff\_ch}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV\_pvmv\_ch}^{em}$ ou $Q_{sys\_fr}^{em}(h) < Rat_{eff\_fr}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV\_pvmv\_fr}^{em}$, alors,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_MV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_MV}^{em} \end{cases},$$

Sinon,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_PV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_PV}^{em} \end{cases}$$

Sinon, si $Gest_{VCV}^{em} = 3$, alors, (gestion automatique permettant l'arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte)

Si $id_{bch}(h) = 0$ et $id_{bfr}(h) = 0$, alors,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = 0(m^3/h) \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = 0(W) \end{cases}$$

Sinon,

Si $Q_{sys\_ch}^{em}(h) > Rat_{eff\_ch}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV\_pvmv\_ch}^{em}$ ou $Q_{sys\_fr}^{em}(h) < Rat_{eff\_fr}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV\_pvmv\_fr}^{em}$, alors,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_MV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_MV}^{em} \end{cases},$$

Sinon,

$$\begin{cases} Q_{v\_recirc}^{em}(h) = Q_{v\_recirc\_PV}^{em} \\ W_{vent\_loc}^{em}(h) = P_{VCV\_PV}^{em} \end{cases}$$

On considère que l'ensemble de la consommation des ventilateurs est transmise à l'ambiance sous forme de chaleur :

$$\Phi_{vent\_loc\_vc}^{em}(h) = W_{vent\_loc}^{em}(h) \quad (813)$$

8.1.3.8.3 Conversion du débit de recirculation

Pour un émetteur, le débit massique de recirculation est obtenu sur la base de la masse volumique de l'air au pas de temps précédent :

$$Q_{m\_recirc}^{em}(h) = \rho_{i,g}(h-1) \cdot \frac{Q_{v\_recirc}^{em}(h)}{3600} \quad (814)$$

8.1.3.8.4 Consommation totale des ventilateurs locaux

Ensuite, on réalise la sommation des consommations électriques de l'ensemble des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe :

$$W_{vent\_loc\_tot}(h) = \sum_{em} W_{vent\_loc}^{em}(h) \quad (815)$$

On somme également l'ensemble des parts transmises à l'ambiance de ces consommations électriques.

$$\phi_{vent\_loc\_vc}(h) = \sum_{em} \phi_{vent\_loc\_vc}^{em}(h) \quad (816)$$

8.1.3.8.5 Débit de recirculation effectif et humidité à saturation des émetteurs à recyclage d'air

La température de dimensionnement de la batterie froide est la température de dimensionnement des réseaux d'eau froide ou la température d'évaporateur (climatiseur à détente directe). Dans ce dernier cas, faute d'informations, la valeur conventionnelle retenue est 9°C :

Si $id_{type}^{2nd} = 0$ (réseau fictif, climatiseur à détente directe) :

$$\theta_{batt\_dim}^{em} = 9^{\circ}C \quad (817)$$

Si $id_{type}^{2nd} = 1$ (réseau d'eau ou fluide de distribution) :

Si $id_{gest\_fr} = 1$ (température de départ constante) :

$$\theta_{batt\_dim}^{em} = \theta_{dep\_dim\_fr}^{em} - \frac{\Delta\theta_{em\_dim\_fr}^{em}}{2} \quad (818)$$

Si $id_{gest\_fr} = 2$ (température de retour constante) :

$$\theta_{batt\_dim}^{em} = \theta_{ret\_dim\_fr}^{em} - \frac{\Delta\theta_{em\_dim\_fr}^{em}}{2}$$

La batterie est représentée à l'aide d'un facteur de bypass : l'air sortant de la batterie est considéré comme un mélange d'air à saturation à la température de la batterie, θ_{batt} et d'air non affecté par son passage.

Selon le type de régulation de la batterie ($id_{regul\_batt}^{em}$), le débit de recirculation effectif et la température de batterie sont calculés de manière différente :

- $id_{regul\_batt}^{em} = 0$, batterie à débit d'eau régulé de façon progressive : le débit de recirculation effectif est calculé sur la base du débit de recirculation total au régime de fonctionnement du ventilateur. On retient un facteur de by-pass conventionnel de $FB_{batt} = 0,8$. La température de batterie est variable :

$$Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h) = FB_{batt}^{em} \times Q_{m\_recirc}^{em}(h) \quad (819)$$

$$\theta_{batt}^{em}(\square) = MAX \left(\theta_{batt\_dim}^{em}; \theta_{i,moy}(\square) + \frac{Q_{sys\_fr}^{em}(\square)}{Ca \times Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(\square)} \right) ^{\circ}C \quad (820)$$

- $id_{regul\_batt}^{em} = 1$, autre cas (température de batterie constante) : le débit de recirculation effectif est calculé sur la base des besoins sensibles en froid. La température de batterie est la température moyenne de dimensionnement:

$$\theta_{batt}^{em}(h) = \theta_{batt\_dim}^{em} \quad (821)$$

$$Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h) = \frac{-Q_{sys\_fr}^{em}(h)}{Ca \times (\theta_{i,moy}(h) - \theta_{batt}^{em}(h))} \quad (822)$$

Pour les émetteurs munis de ventilateurs locaux, l'impact de la déshumidification sur le bilan hydrique nécessite de connaître l'humidité spécifique de saturation de la batterie froide, calculée à partir de la température de surface de la batterie froide θ_{batt} .

L'expression de l'humidité spécifique à saturation est la suivante :

$$\omega_{sat}^{em}(h) = 10^{-3} \times \frac{HR_{sat}}{100} \times \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta_{batt}^{em}(h) + 235.00}\right) \quad (823)$$

Où l'humidité relative à saturation est $HR_{sat} = 100$

8.1.3.9 Besoins, températures finales et moyennes au niveau du groupe

Au final, les besoins effectifs totaux du groupe se calculent de la manière suivante :

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch}(h) &= \sum_{em} Q_{sys\_ch}^{em}(h) \\ Q_{sys\_fr}(h) &= \sum_{em} Q_{sys\_fr}^{em}(h) \end{aligned} \quad (824)$$

Les dérives des températures de consigne dans la définition de la température $\theta_{op, fin}$ sont celles correspondant à l'émetteur de chaud si le système est en chauffage, à l'émetteur de froid si le système est en refroidissement, et sont nulles si aucun système n'est en marche.

Les températures finales au sein du groupe sont obtenues par les interpolations linéaires suivantes :

$$\begin{cases} \theta_{i,fin} = \theta_{i,fin(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{i,fin(10,0)} - \theta_{i,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{i,fin(0,10)} - \theta_{i,fin(0,0)}) \\ \theta_{s,fin} = \theta_{s,fin(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{s,fin(10,0)} - \theta_{s,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{s,fin(0,10)} - \theta_{s,fin(0,0)}) \\ \theta_{m,fin} = \theta_{m,fin(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{m,fin(10,0)} - \theta_{m,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{m,fin(0,10)} - \theta_{m,fin(0,0)}) \\ \theta_{rm,fin} = \theta_{rm,fin(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{rm,fin(10,0)} - \theta_{rm,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{rm,fin(0,10)} - \theta_{rm,fin(0,0)}) \\ \theta_{op,fin} = \theta_{op,fin(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{op,fin(10,0)} - \theta_{op,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{op,fin(0,10)} - \theta_{op,fin(0,0)}) \\ -id_{bch}(h) \cdot (\delta\theta_{vt\_eq\_ch} + \delta\theta_{vs\_eq\_ch}) - id_{bfr}(h) \cdot (\delta\theta_{vs\_eq\_fr} + \delta\theta_{vt\_eq\_fr}) \end{cases} \quad (825)$$

Les températures moyennes au sein du groupe sont obtenues par les interpolations linéaires suivantes :

$$\begin{cases} \theta_{i,moy} = \theta_{i,moy(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{i,moy(10,0)} - \theta_{i,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{i,moy(0,10)} - \theta_{i,moy(0,0)}) \\ \theta_{s,moy} = \theta_{s,moy(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{s,moy(10,0)} - \theta_{s,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{s,moy(0,10)} - \theta_{s,moy(0,0)}) \\ \theta_{m,moy} = \theta_{m,moy(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{m,moy(10,0)} - \theta_{m,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{m,moy(0,10)} - \theta_{m,moy(0,0)}) \\ \theta_{rm,moy} = \theta_{rm,moy(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{rm,moy(10,0)} - \theta_{rm,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{rm,moy(0,10)} - \theta_{rm,moy(0,0)}) \\ \theta_{op,moy} = \theta_{op,moy(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{op,moy(10,0)} - \theta_{op,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{op,moy(0,10)} - \theta_{op,moy(0,0)}) \\ -id_{bch}(h) \cdot (\delta\theta_{vt\_eq\_ch} + \delta\theta_{vs\_eq\_ch}) - id_{bfr}(h) \cdot (\delta\theta_{vs\_eq\_fr} + \delta\theta_{vt\_eq\_fr}) \end{cases} \quad (826)$$

Avec :

$$\begin{cases} \phi_{util-conv}(h) = P_{emconv} \cdot \phi_{util}(h) \\ \phi_{util-rad}(h) = (1 - P_{emconv}) \cdot \phi_{util}(h). \end{cases} \quad (827)$$

8.1.3.10 *Prise en compte de l'énergie latente (en calcul des consommations uniquement)*

Après réalisation du calcul de déshumidification, on ajoute les besoins en froid latents aux besoins sensibles précédemment calculés pour les différents émetteurs et pour le groupe :

$$\begin{cases} Q_{sys\_fr}^{em}(h) += Q_{sys\_lat}^{em}(h) \\ Q_{sys\_fr}(h) += Q_{sys\_lat}(h) \end{cases} \quad (828)$$

8.2 FA_Emissions_mixte_et_composite

8.2.1 INTRODUCTION

L'objectif est ici de préciser la saisie des émetteurs de chauffage dans le moteur Th-BCE, dans le cas où plusieurs émetteurs de natures différentes sont présents dans le même groupe.

Quatre parties décrivent les différentes configurations, sur les périmètres précisés dans le tableau suivant :

Parties relatives ...	S'applique lorsque...	Champs d'application
... aux configurations avec systèmes d'émission à air non gainés	Une partie des locaux possède des émetteurs de chauffage d'un certain type. Une autre partie possède des émetteurs de chauffage de nature différente, avec des régulations indépendantes.	Maison individuelle ou accolée, et logements collectifs
... aux configurations avec appareil indépendant de chauffage au bois		Maison individuelle ou accolée
... aux émetteurs de type poêles et inserts gaz		Maison individuelle ou accolée, et logements collectifs
... à l'émission composite	Dans des mêmes locaux cohabitent deux émetteurs, avec des régulations dépendantes	Tous usages

8.2.2 DEFINITIONS

Emission mixte :

Le terme émission mixte est un terme générique pour définir la présence de plusieurs systèmes d'émission de caractéristiques différentes au sein d'un même groupe. La régulation de chaque système d'émission est alors indépendante.

Emission composite :

On parle d'émission composite quand cohabitent pour des mêmes locaux deux systèmes d'émission de caractéristiques différentes pouvant être ou non regroupés dans un même appareil. La régulation des systèmes d'émission est liée.

Système d'émission à air non gainé :

Intègre les systèmes à air brassé ou à air soufflé dans un local et régulé selon la température de ce dernier.

8.2.3 PRISE EN COMPTE DES SYSTEMES D'EMISSION A AIR NON GAINES DANS LES MAISONS INDIVIDUELLES OU ACCOLEES ET LES LOGEMENTS COLLECTIFS

Cette partie précise les modalités de prise en compte des systèmes d'émission à air non gainés dans les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs, en l'absence de système d'émission complémentaire dans le local dans lequel ils sont situés.

8.2.3.1 Définition des configurations de système d'émission à air non gainé

Lorsque le système à air n'est pas gainé,

- le système couvre la totalité des besoins de chauffage du local dans lequel il est situé, et émet de la chaleur, appelée partie A. Cette partie n'est donc pas considérée comme émission composite puisqu'il n'y a qu'un seul émetteur ;
- le système couvre, en plus, une partie des besoins de chauffage des autres locaux, appelée partie B ; le reste des besoins de chauffage de ces locaux est assuré par des émetteurs complémentaires.

Par convention, le système à air ne peut chauffer plus de 100m². Il peut contribuer au chauffage d'une maison à étages ou d'un logement sur plusieurs niveaux, dans la limite d'un niveau au-dessus de lui (ex : un système d'émission à air installé au rez-de-chaussée d'une maison individuelle peut contribuer au chauffage de son premier étage, dans la limite de 100m² au total).

Pour entrer dans le cadre de cette partie, le système doit pouvoir couvrir au moins 1.3 les besoins de la partie A à la température de base. Le bon dimensionnement du système doit être pris en compte également au regard du confort (thermique, acoustique...) des occupants. Dans le cas contraire, il est supposé ne couvrir les besoins que du local dans lequel il est situé.

Si le système à air est gainé et si d'autres systèmes d'émission sont présents, l'émission fonctionne selon les principes définis dans l'une des trois configurations de l'émission composite décrites dans la partie 8.2.6 de la présente fiche, relative à l'émission composite.

8.2.3.2 Méthode de prise en compte des émetteurs à air non gainés

8.2.3.2.1 Méthode générale

Chaque type d'émetteur est décrit dans le calcul réglementaire par sa variation spatiale, sa variation temporelle, son coefficient de pertes au dos et son ratio Rat_{em} , avec :

$$Rat^{em} = Rat_s^{em} * Rat_t^{em}$$

Rat_s^{em} est le ratio d'émission spatial (ratio de la surface utile du local (ou des locaux) desservis par l'émetteur sur la surface utile totale du groupe).

Rat_t^{em} est le ratio d'émission temporel (ratio de répartition des besoins entre plusieurs émetteurs desservant les mêmes locaux).

Le ratio d'émission spatial Rat_s^{em} est propre au projet. Cette partie fournit les valeurs de ratios temporels Rat_t^{em} à utiliser pour la modélisation des systèmes composites sur les parties de bâtiment concernées.

Elle fournit également les variations spatiales et temporelles à utiliser pour la saisie dans le calcul réglementaire.

8.2.3.2.2 Méthode spécifique aux systèmes d'émission à air non gainés

La **partie A** correspond aux pièces où se situe l'émetteur à air et représente la **surface des locaux desservie uniquement par ce système**. Dans cette partie du bâtiment, il n'y a aucun autre émetteur ni réservations permettant d'en installer. La présence d'une porte entre la pièce où se situe l'émetteur et une autre pièce conduit à exclure cette autre pièce de la partie A.

Dans la partie B, correspondant à toutes les autres pièces hors salle(s) de bains, les valeurs de ratios temporels à utiliser pour les systèmes d'émission non gainé et le système complémentaire sont les suivants :

	Emetteur à air non gainé		Emetteur complémentaire en partie B	Emetteur complémentaire en SDB
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S_A de la partie A	Surface S_B de la partie B	Surface S_B de la partie B	Surface S_{SDB} de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat_s	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_{SDB}}{S_A + S_B + S_{SDB}}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat_t	1,0	En H1 : 0.40 En H2a, H2b, H2c : 0.45 En H2d et H3 : 0.55	En H1 : 0.60 En H2a, H2b, H2c : 0.55 En H2d et H3 : 0.45	1,0

Le groupe doit comporter

- un émetteur à air non gainé, avec ses variations spatiale et temporelle
- des émetteurs complémentaires en partie B avec leurs variations spatiale et temporelle. Si ce sont des réservations, les variations temporelles par défaut sont à utiliser
- des émetteurs en salle de bain avec leurs variations spatiale et temporelle.

8.2.4 PRISE EN COMPTE DES APPAREILS INDEPENDANTS DE CHAUFFAGE A BOIS DANS LES MAISONS INDIVIDUELLES OU ACCOLEES

Cette partie précise les modalités de prise en compte dans la RE 2020 des appareils indépendants de chauffage à bois dans les maisons individuelles ou accolées.

Les locaux qui peuvent ne pas comporter de régulation, au titre de l'article 29 du présent arrêté, sont uniquement les pièces en connexion aéraulique avec l'émission de l'appareil indépendant de chauffage à bois (une porte ouvrable vers des pièces contiguës permet cette connexion aéraulique), dans la limite de 100m².

Les règles quant à la présence d'autres émetteurs indépendants dans cette même surface sont précisées ci-après. Le bon dimensionnement du système doit être pris en compte également au regard du confort des occupants.

Les salles de bains ne sont pas comptabilisées dans la surface de 100 m² desservie par l'appareil indépendant de chauffage à bois et doivent être équipées d'émetteurs de chauffage.

Au-delà de la limite de 100 m², les locaux non desservis doivent être équipés d'émetteurs, le chauffage de ces locaux étant alors intégralement assuré par ces émetteurs, ou bénéficier d'un autre appareil indépendant de chauffage à bois.

La présente partie précise le mode de prise en compte des appareils indépendants de chauffage à bois en association avec d'autres systèmes de chauffage (génération-émission) dans deux configurations :

- Dans le cas des appareils indépendants de chauffage à bois **dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique** en fonction de la température intérieure ;
- Dans le cas des appareils indépendants de chauffage à bois **qui ne sont pas dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique** en fonction de la température intérieure.

8.2.4.1 Cas des appareils indépendants de chauffage à bois dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure

Lorsque le chauffage est assuré par un appareil indépendant de chauffage à bois, le dispositif permettant de réguler cet appareil peut être commun à des locaux d'une surface totale maximale de 100 m².

En outre, pour que le bois puisse être considéré comme énergie principale, dans le cas où un autre système de chauffage équipe ces mêmes locaux, les conditions suivantes doivent être respectées :

→ La partie desservie par l'appareil indépendant de chauffage à bois, d'une surface maximale de 100 m², est décomposée en deux parties : partie A et partie B :

- La **partie A** correspond aux pièces de jour où se situe l'appareil indépendant de chauffage à bois et représente la **surface des locaux desservie uniquement par l'appareil indépendant de chauffage à bois**. La présence d'une porte entre la pièce où se situe l'émetteur et une autre pièce conduit à exclure cette autre pièce de la partie A ; Dans cette partie du bâtiment, il n'y a aucun autre émetteur ni réservations permettant d'en installer.
- La **partie B** correspond à toutes les autres pièces hors salle(s) de bains Dans cette partie du bâtiment, le chauffage est assuré **pour partie par l'appareil indépendant de chauffage à bois et pour partie par un autre système de chauffage** ; une répartition temporelle de l'utilisation des deux systèmes de chauffage est appliquée selon les modalités décrites ci-dessous.

$$\rightarrow \sum (\text{Rat}_s \times \text{Rat}_t)_{\text{bois}} > \sum (\text{Rat}_s \times \text{Rat}_t)_{\text{autres}}$$

Rat_s et Rat_t étant respectivement les ratios spatial et temporel des émetteurs utilisés dans les différentes parties de la maison.

8.2.4.1.1 Modalités de calcul

Il convient de ne décrire qu'un **seul groupe** correspondant à la surface habitable du logement. L'appareil indépendant de chauffage à bois et les émetteurs dans la partie nuit constituent des émetteurs mixtes du groupe dont il faut déterminer le Rat_{em} (cf Th-BCE 8.1.3.1.8) permettant de retrouver la répartition des parts de chauffage :

	Emetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Emetteur complémentaire en partie nuit	Emetteur complémentaire en SDB
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S_A de la partie A	Surface S_B de la partie B	Surface S_B de la partie B	Surface S_{SDB} de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat_s	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{\text{SDB}}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{\text{SDB}}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{\text{SDB}}}$	$\frac{S_{\text{SDB}}}{S_A + S_B + S_{\text{SDB}}}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat_t	1,0	0,5	0,5	1,0

Ces données sont à remplir dans la description des émetteurs au niveau de la « part des besoins assurée par ce système d'émission ».

8.2.4.2 Cas des appareils indépendants de chauffage à bois qui ne sont pas dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure

Lorsque le chauffage de locaux est assuré par un appareil de chauffage indépendant à bois qui n'est pas muni d'un système de régulation automatique, **les locaux considérés doivent être pourvu d'un système principal de chauffage doté d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure.** L'appareil indépendant de chauffage à bois intervient alors comme système complémentaire. La répartition de la couverture des besoins s'effectue alors comme suit :

- La partie desservie par l'appareil indépendant de chauffage à bois, d'une surface maximale de 100 m², est décomposée en deux parties : partie A et partie B :
- La partie A correspond aux pièces de jour où se situe l'appareil indépendant de chauffage à bois
 - La présence d'une porte entre la pièce où se situe l'émetteur et une autre pièce conduit à exclure cette autre pièce de la partie A ;
 - La partie B correspond à toutes les autres pièces hors salle(s) de bains

Dans les parties A et B du bâtiment, le chauffage est assuré pour partie par l'appareil indépendant de chauffage à bois et pour partie par un autre système de chauffage, une répartition temporelle de l'utilisation des deux systèmes de chauffage est appliquée selon les modalités décrites ci-dessous.

8.2.4.2.1 Modalités de calcul

Il convient de ne décrire qu'un **seul groupe** correspondant à la surface habitable du logement. L'appareil indépendant de chauffage à bois et les émetteurs dans la partie nuit constituent des émetteurs mixtes du groupe dont il faut déterminer le Rat_{em} (cf Th-BCE 8.1.3.1.8) permettant de retrouver la répartition des parts de chauffage :

	Emetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Emetteurs du système principal de chauffage		Emetteur complémentaire en SDB
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S_A de la partie A	Surface S_B de la partie B	Surface S_A de la partie A	Surface S_B de la partie B	Surface S_{SDB} de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat_s	S_A	S_B	S_A	S_B	S_{SDB}
	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_{SDB}}{S_A + S_B + S_{SDB}}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat_t	0,5	0,25	0,5	0,75	1,0

Ces données sont à remplir dans la description des émetteurs au niveau de la « part des besoins assurée par ce système d'émission ».

8.2.5 PRISE EN COMPTE DES APPAREILS INDEPENDANTS DE CHAUFFAGE A COMBUSTIBLE GAZEUX DE TYPE POELES ET INSERTS DANS LES MAISONS INDIVIDUELLES OU ACCOLEES

Cette partie précise les modalités de prise en compte des appareils indépendants de chauffage à combustibles gazeux de type poêles et inserts gaz dans les maisons individuelles ou accolées.

8.2.5.1 Définition des configurations couvertes

Les éléments fournis ici s'appliquent aux appareils de chauffage indépendants à convection utilisant les combustibles gazeux :

- À foyer fermé ;
- De type C (étanche) ;
- De débit calorifique inférieur ou égal à 20 kW ;
- Équipé d'un thermostat d'ambiance programmable ;

Sont exclus les appareils à foyer ouvert, non étanches et les appareils à effet décoratif.

L'application est limitée aux bâtiments ou parties de bâtiments à usage de :

- maisons individuelles ou accolées,
- logements collectifs.

Le système ne peut être installé qu'en appoint d'un système principal de chauffage, quel qu'il soit.

8.2.5.2 Méthode de prise en compte des appareils indépendants de chauffage à combustible gazeux type poêles et inserts gaz

8.2.5.2.1 Principe général

Deux aspects distincts sont traités : la performance de la génération, et la performance de l'émission.

8.2.5.2.2 Génération

Les normes relatives aux poêles et inserts gaz sont identiques à celles des radiateurs gaz. Les éléments sont fournis dans la fiche dédiée : 8.20
C_GEN_AUTRES_GENERATEURS_A_COMBUSTION

8.2.5.2.3 Émission

L'émission est modélisée par les sections relatives aux poêles et inserts, tels qu'existant dans le chapitre 8.1.

8.2.5.2.4 Ratios d'émissions

Le système étant installé en appoint d'un système principal de chauffage, des ratios temporels d'émissions sont définis comme suit :

- Dans la pièce où le système est installé (surface S_A de la partie A), le système couvre 10% des besoins, soit un $Ratem\_t$ égal à 0,1 ;
- Dans les pièces attenantes (surface S_B de la partie B), le système participe au chauffage à hauteur de 5% des besoins, soit un $Ratem\_t$ égal à 0,05.

	Système principal		Systèmes de chauffage à combustible gazeux installés en appoint		Emetteur complémentaire en SDB ou système principal
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S_A de la partie A	Surface S_B de la partie B	Surface S_A de la partie A	Surface S_B de la partie B	Surface S_{SDB} de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat_s	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_{SDB}}{S_A + S_B + S_{SDB}}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat_t	0,9	0,95	0,1	0,05	1,0

La totalité de la surface desservie par le système ($S_A + S_B$) ne peut excéder 100 m².

Cette surface désigne la surface réelle des locaux en connexion aéraulique avec la pièce d'émission du système (une porte ouvrable vers des pièces contiguës permet cette connexion aéraulique).

Les salles de bains ne sont pas comptabilisées dans la surface de 100 m² desservie par le système et doivent être équipées d'émetteurs de chauffage.

Au-delà de la limite de 100 m², les locaux non desservis doivent être équipés d'émetteurs, le chauffage de ces locaux étant alors intégralement assuré par ces émetteurs, ou bénéficier d'un autre appareil indépendant de chauffage.

8.2.6 SYSTEMES D'EMISSION COMPOSITES DE CHAUFFAGE

Cette partie précise les modalités de saisie, dans le calcul réglementaire, des systèmes d'émission de chauffage dits composites, c'est-à-dire quand **cohabitent pour des mêmes locaux deux systèmes d'émission de caractéristiques différentes** pouvant être ou non regroupés dans un même appareil.

La prise en compte des systèmes à air non gainé et des appareils indépendants de chauffage à bois ou gaz dans les maisons individuelles ou accolées, précisée dans les parties 8.2.3, 8.2.4 et 8.2.5, n'est pas l'objet de cette partie.

8.2.6.1 Définition des différentes configurations de systèmes d'émission composite

8.2.6.1.1 Configuration n°1 : base + appoint

Le système d'émission n°1 dit « de base » assure une fourniture toujours inférieure aux besoins (régule à une température inférieure à la température de consigne) et est complété systématiquement par un système d'émission n°2 dit « d'appoint ». Le système d'appoint est donc utilisé **en permanence** pour atteindre le point de consigne. Il est régulé en fonction de la température intérieure et assure l'ajustement de l'émission finale.

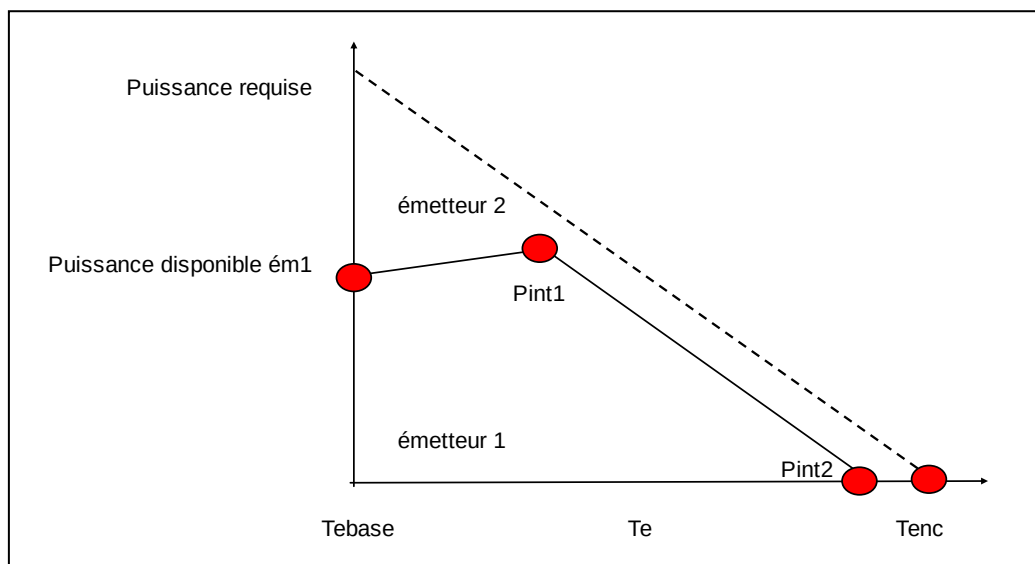


Figure 89 – évolution des puissances disponibles et requises pour les systèmes 1 et 2 en fonction de la température extérieure (entre la Tbase et la température de non chauffage)

Il est convenu que toutes les configurations à chauffage composite pour lesquelles le système d'émission de base est à air soufflé ou brassé sont de type « base+appoint ».

Exemple :

Plancher chauffant assurant le rôle de base afin d'accumuler de l'énergie pour obtenir une température de 16-17°C – appoint par des convecteurs électriques (par exemple) pour atteindre la température de consigne.

8.2.6.1.2 Configuration n°2 : complément par temps froid

Lorsqu'il s'agit de générateurs associés à la même génération, la présente méthode de calcul est déjà adaptée à ce type de configuration (fonctionnement en cascade décrit au chapitre 8.17). Elle permet de prendre en compte le manque de puissance d'un générateur lorsque les besoins deviennent supérieurs à la puissance disponible. Il est alors fait appel au générateur d'appoint. Lorsqu'un même émetteur ou plusieurs utilisent des sources de chauffage ou des générateurs différents pour assurer le traitement de locaux ou d'une partie de locaux, et fonctionnent en mode « complément par temps froid », le système d'émission n°1 est alors prioritaire et assure l'intégralité des besoins par temps doux. Il est complété par un système d'appoint par temps froid.

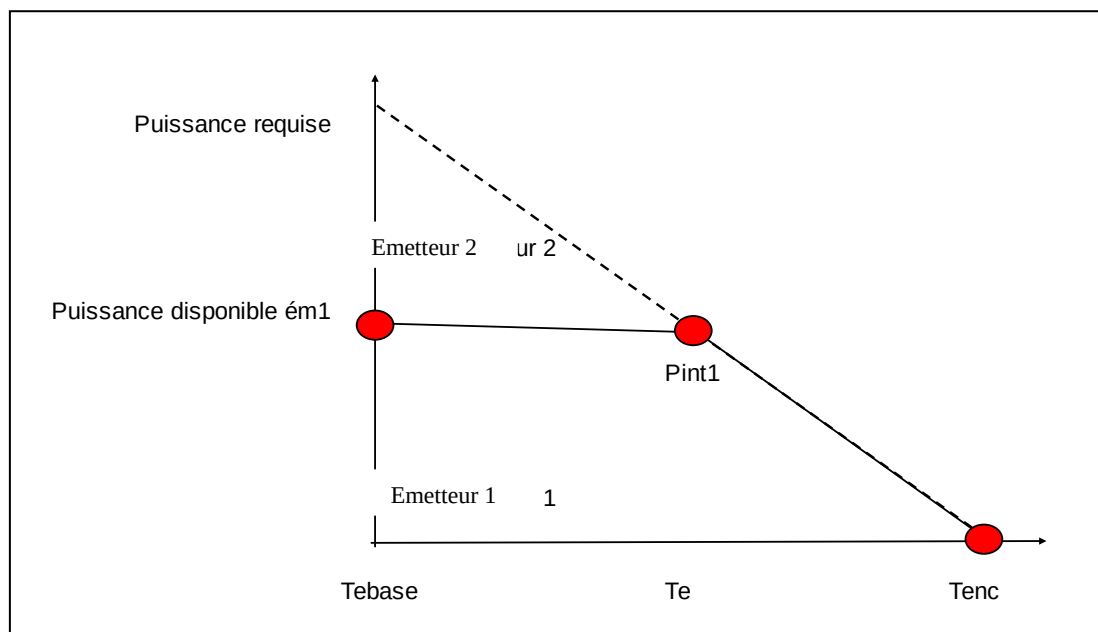


Figure 90 – évolution des puissances disponibles et requises pour les systèmes 1 et 2 en fonction de la température extérieure - complément par temps froid

Exemples :

Ventilo-convecteurs 2 tubes réversibles / 2 fils : lorsque les batteries électriques viennent en complément du chauffage hydraulique (lorsque l'ouverture de la vanne de régulation du VCV est supérieure à un seuil défini, typiquement 80% dans les bâtiments de bureaux). La résistance ne fonctionne jamais seule.

Sèche serviette mixte (eau / électrique) : le générateur assurant l'alimentation en eau du sèche-serviette peut également alimenter en eau les autres émetteurs du bâtiment. Dans ce cas, on séparera ces émetteurs du sèche-serviette dans la description, ce dernier lui-même modélisé par deux émetteurs, un pour la partie électrique, l'autre pour la partie à eau, afin de pouvoir isoler les types d'énergie et les propriétés d'émission.

8.2.6.1.3 Configuration n°3 : systèmes dits alternés

Le système d'émission 1 et le système d'émission 2 sont mis en œuvre à des périodes différentes de l'année.

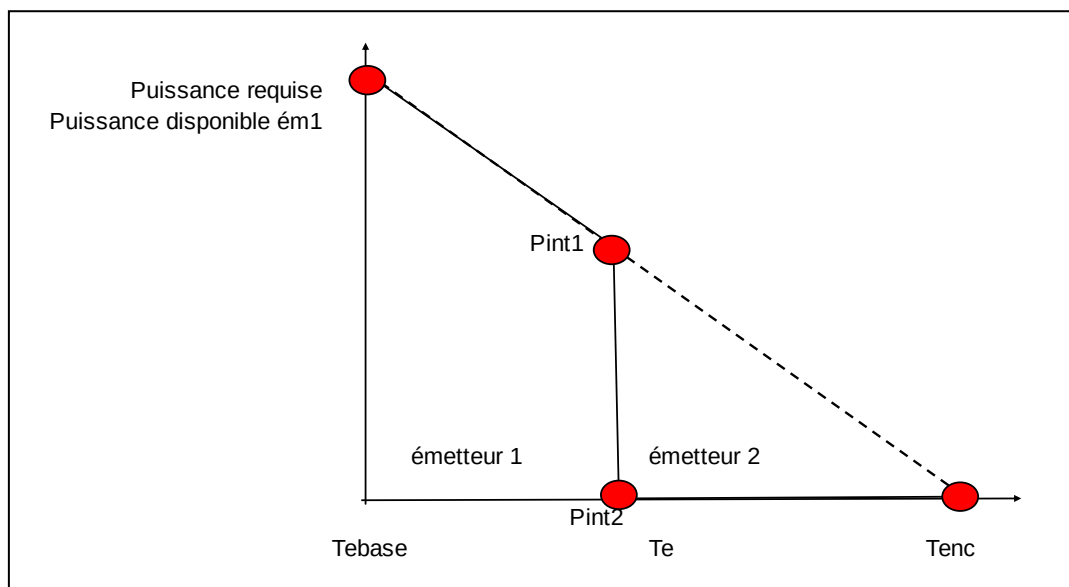


Figure 91 – évolution des puissances disponibles et requises pour les systèmes 1 et 2 en fonction de la température extérieure – configuration « systèmes alternés »

L'arrêt du système 1 se fait en fonction de la température extérieure. Il convient donc de ne pas confondre ce type de fonctionnement avec celui dit « en alternance », pouvant être utilisé comme mode de régulation des générateurs (chapitre 8.17 de la méthode Th-BCE) où l'on utilise alternativement les différents générateurs (seul ou plusieurs) en fonction de la charge du bâtiment.

Exemple :

Pompe à chaleur en relève de chaudière, régulées sur la température extérieure : La chaudière fonctionne pour les températures les plus froides et la PAC pour les températures les plus chaudes, les deux ne fonctionnant jamais simultanément.

8.2.6.2 Méthode de prise en compte des émetteurs composites et exemples

8.2.6.2.1 Méthode générale

Chaque type d'émetteur est décrit par sa variation spatiale, sa variation temporelle, son coefficient de pertes au dos et son ratio Rat_{em} , avec :

$$Rat^{em} = Rat_s^{em} * Rat_t^{em}$$

Rat_s^{em} est le ratio d'émission spatial (ratio de la surface utile du local (ou des locaux) desservis par l'émetteur sur la surface utile totale du groupe).

Rat_t^{em} est le ratio d'émission temporel (ratio de répartition des besoins entre plusieurs émetteurs desservant les mêmes locaux).

Le ratio d'émission spatial Rat_s^{em} est propre au projet. Cette partie va s'attacher à fournir les valeurs de ratios temporels Rat_t^{em} à utiliser pour la modélisation des systèmes composites sur les parties de bâtiment concernées.

Elle fournira également les variations spatiales et temporelles à utiliser pour la saisie dans le calcul réglementaire.

8.2.6.2.2 Configuration n°1 : base + appoint

Les valeurs de ratios temporels à utiliser pour les différents systèmes d'émission (base et appoint) sont les suivants selon la zone climatique (la zone H3 est différenciée des autres zones climatiques) et selon la puissance du système d'émission n°1 (base) par rapport à la puissance requise en conditions de base pour la partie à chauffage composite considérée.

Puissance système d'émission n°1 / puissance requise en conditions de base *	0,9	0,7	0,5	0,3
Part d'énergie apportée par la base zones autres que H3 (Rat_{em_t} base H1/H2)	0,76	0,75	0,69	0,5
Part d'énergie apportée par la base zone H3 (Rat_{em_t} base H3)	0,67	0,67	0,59	0,39
Part d'énergie apportée par l'appoint zones autres que H3 (Rat_{em_t} appoint H1/H2)	0,24	0,25	0,31	0,5
Part d'énergie apportée par l'appoint zone H3 (Rat_{em_t} appoint H3)	0,33	0,33	0,41	0,61

* Puissance système d'émission n°1 : il s'agit uniquement de la puissance disponible pour la partie à chauffage composite (un émetteur peut éventuellement assurer la totalité des besoins de chauffage sur une partie de locaux et avoir encore de la puissance disponible pour assurer une base pour la partie à chauffage composite).

Puissance requise en conditions de base : il s'agit uniquement de la puissance requise de la partie à chauffage composite.

Il convient de choisir la colonne qui correspond au plus proche du rapport $P_{\text{syst\_1}} / P_{\text{requis}}$ (pas d'interpolation ni d'extrapolation des valeurs). Pour que le système d'émission n°1 puisse être considéré en « base », sa puissance disponible pour la partie à chauffage composite doit être supérieure ou égale à 30% de la puissance requise en conditions de base.

Concernant les variations spatiales et temporelles à utiliser, le système d'émission n°1 (base) ne fournit jamais la totalité du besoin de chauffage, le système d'émission n°2 (appoint) est toujours utilisé pour réaliser le complément. C'est lui qui assure l'atteinte du point de consigne. **Les deux émetteurs sont donc affectés de la variation spatiale et de la variation temporelle de l'émetteur n°2 d'appoint.**

8.2.6.2.3 Configuration n°2 : complément par temps froid

Lorsqu'un même émetteur ou plusieurs utilisent des sources de chauffage ou des générateurs différents pour assurer le traitement de locaux ou d'une partie de locaux, et fonctionnent en mode « complément par temps froid », on utilise pour ces émetteurs les valeurs de ratio temporels ci-dessous selon la zone climatique (la zone H3 est différenciée des autres zones climatiques) et selon la puissance du système d'émission n°1 (base) par rapport à la puissance requise en conditions de base pour la partie à chauffage composite considérée.

Puissance système d'émission n°1 / puissance requise en conditions de base *	0,9	0,7	0,5
Part d'énergie apportée par la base zones autres que H3 (<i>Ratem_t base H1/H2</i>)	0,99	0,99	0,97
Part d'énergie apportée par la base zone H3 (<i>Ratem_t base H3</i>)	0,99	0,98	0,95
Part d'énergie apportée par le complément zones autres que H3 (<i>Ratem_t comp H1/H2</i>)	0,01	0,01	0,03
Part d'énergie apportée par le complément zone H3 (<i>Ratem_t comp H3</i>)	0,01	0,02	0,05

** Puissance système d'émission n°1 : il s'agit uniquement de la puissance disponible pour la partie à chauffage composite (un émetteur peut éventuellement assurer la totalité des besoins de chauffage sur une partie de locaux et avoir encore de la puissance disponible pour assurer une base pour la partie à chauffage composite).*

Puissance requise en conditions de base : il s'agit uniquement de la puissance requise de la partie à chauffage composite.

Il convient de choisir la colonne qui correspond au plus proche du rapport $P_{\text{syst\_1}} / P_{\text{requis}}$ (pas d'interpolation ni d'extrapolation des valeurs). Pour que le système d'émission n°1 puisse être considéré en « base », sa puissance disponible pour la partie à chauffage composite doit être supérieure ou égale à 50% de la puissance requise en conditions de base.

Concernant les variations spatiales et temporelles à utiliser, le système d'émission n°2 intervient uniquement par temps froid. Le système d'émission n°1 assure, selon les coefficients conventionnels définis précédemment, la plus grande majorité des besoins (95% ou plus). **On applique donc la variation spatiale et la variation temporelle de l'émetteur 1 aux deux émetteurs.**

8.2.6.2.4 Configuration n°3 : systèmes dits alternés

Les valeurs de ratios temporels à utiliser pour les différents émetteurs (fonctionnant hors et en mi-saison) sont les suivants selon la zone climatique (la zone H3 est différenciée des autres zones climatiques).

Zone climatique	zones autres que H3	H3
Part d'énergie apportée par le système alterné fonctionnant hors mi-saison	0,77	0,64
Part d'énergie apportée par le système alterné fonctionnant en mi-saison	0,23	0,36

Concernant les variations spatiales et temporelles à utiliser, les deux systèmes interviennent sur des périodes distinctes, jamais en même temps. Chacun va donc fonctionner selon ses caractéristiques de régulation propres. **On conserve donc ici les variations spatiales et temporelles propres à chaque émetteur.**

8.3 C_Emi_Bilan hydrique

8.3.1 INTRODUCTION

Cette fiche décrit le bilan hydrique au sein de chaque groupe d'une zone donnée. Une zone regroupe en effet plusieurs groupes qui ne peuvent communiquer que par l'intermédiaire d'un groupe particulier appelé *hall*.

Ce bilan hydrique est réalisé après le calcul des systèmes d'émission.

Concernant les débits, on utilisera les mêmes conventions que dans la fiche calcul débit.

Le bilan hydrique du groupe pour une durée donnée correspond :

- à la masse d'eau dans l'air entrant et dans l'air sortant,
- aux apports internes d'humidité,
- à la déshumidification éventuelle sur la batterie froide.
- L'inertie hygroscopique des locaux est négligée.

Pour la déshumidification, la batterie est représentée à l'aide d'un facteur de bypass : l'air sortant de la batterie est considéré comme un mélange d'air à saturation à la température de la batterie, θ_{batt} et d'air non affecté par son passage.

8.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 89 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul du bilan hydrique

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Env. int.	$A_{\omega\_int\_hors\_occ}(h)$	Apports internes d'humidité hors occupants dans le groupe, issus des scénarios.	kg/s
	$A_{\omega\_int\_occ}(h)$	Apports internes d'humidité des occupants, issus des scénarios.	kg/s
Calcul_débts	$Q_{maj}(h)$	Débts d'air sec entrant j dans le groupe au pas de temps h .	kg/s
	$\omega_{maj}(h)$	Humidité spécifique de l'air entrant j , pouvant être l'humidité extérieure, l'humidité en provenance des autres groupes, ou l'humidité issue d'un composant CTA.	kg/kg as
Systèmes d'émission	$\omega_{i,g,fin}(h-1)$	Humidité absolue intérieure du groupe à la fin du pas de temps $h-1$	kg/kg as
	$Rat_{eff\_fr}^{em}$	Part de l'énergie fournie au groupe effective assurée par l'émetteur en froid.	Réel
	$id_{bfr}(h)$	Indicateur de besoins de froid non-nuls dans le groupe.	Ent
	$Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h)$	Débit volumique de recirculation effectif sur la batterie froide de l'émetteur em .	kg/s
	$\omega_{sat}^{em}(h)$	Humidité spécifique à saturation pour la température de batterie $\theta_{batt.}$	kg/kg as

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
group	V	Volume du groupe	m ³	0	$+\infty$	-

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	$A_{\omega\_int}(h)$	Apports internes d'humidité totaux pour le groupe.	kg/s
	$\Delta t_{hum}^{em}(h)$	Temps de déshumidification des différents émetteurs.	h

$\Delta t_{sec}^{em}(h)$	Temps nécessaires avant début de la déshumidification pour les différents émetteurs	h
$\omega_{i,g,fin,deshu\_perm}^{em}(h)$	Humidité spécifique du local associé à l'émetteur, en considérant une déshumidification tout au long du pas de temps.	kg/kg as
$\omega_{i,g,fin,sans\_deshu}^{em}(h)$	Humidité spécifique du local associé à l'émetteur, sans aucune déshumidification tout au long du pas de temps.	kg/kg as
$\omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h)$	Humidité spécifique du local associé à l'émetteur sur la période où la déshumidification a effectivement lieu.	kg/kg as
$dt_{deshu}(h)$	Temps total de déshumidification du pas de temps, en secondes.	s

Sorties

Nom	Description	Unité
$\omega_{i,g,fin}(h)$	Humidité absolue intérieure du groupe à la fin du temps h	kg/kg as
$\omega_{i,g,moy}(h)$	Humidité absolue intérieure moyenne du groupe à la fin du temps h .	kg/kg as
$Q_{sys\_lat}^{em}(h)$	Energie latente fournie par l'émetteur em au pas de temps h .	Wh
$Q_{sys\_lat}(h)$	Energie latente fournie par l'ensemble des émetteurs au pas de temps h .	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
L_{v_eau}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau à pression atmosphérique.	kJ/kg	2500

Tableau 89 : Nomenclature du modèle

8.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.3.3.1 Hypothèses et modèle mathématique

La production de vapeur d'eau en cuisines, WC et salles de bains n'intervient pas dans le bilan hydrique car l'extraction est considérée comme directe.

Dans le cadre du bilan hydrique, on fait l'hypothèse que les débits d'air sec entrant sont égaux aux débits d'air sec sortant.

On connaît au pas de temps t , l'humidité spécifique à la fin du pas de temps précédent. La variation d'humidité spécifique dans le groupe est décrite par l'équation différentielle en temps suivante :

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{\sum_j Q_{maj}(\omega_{maj} - \omega_{i,g}) + A_{\omega_{int}} + \sum_{em \in gr} Q_{m\_recirc\_eff}^{em} \times MIN(0; \omega_{sat}^{em} - \omega_{i,g})}{(V \times \rho_{i,g})} \quad (829)$$

Avec :

- Les Q_{maj}^g correspondent aux différents débits d'air entrant dans le groupe (kg/s) au pas de temps h .
- Les $Q_{m\_recirc\_eff}^{em}$ correspond aux débits de recirculation des émetteurs de froid à recyclage d'air, aux niveaux desquels peut avoir lieu une déshumidification dans le cas où l'humidité intérieure est supérieure à l'humidité de saturation de la batterie.

8.3.3.2 Fonctions de calculs

Les apports internes totaux d'humidité spécifique sont calculés à partir des données issues des scénarios :

$$A_{\omega_{int}}(h) = A_{\omega_{int\_occ}}(h) + A_{\omega_{int\_hors\_occ}}(h) \quad (830)$$

On définit les fonctions de calculs suivantes, permettant la résolution du bilan hydrique tel que décrit ci-dessus :

- **CalculHumiditeSpeFin**($Rat_{em\_eff}(-)$, $Q_{m\_recirc}(kg/s)$, $\omega_{sat}(kg/kgas)$, $T(s)$, $\omega_{ini}(kg/kgas)$)

Cette fonction calcule l'humidité spécifique ω_{fin} atteinte au bout d'un temps T à partir d'une humidité initiale ω_{ini} .

L'algorithme de la fonction est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{Rat_{em\_eff} \cdot \left(\sum_j (Q_{maj}(h) \times \omega_{maj}(h)) + A_{\omega_{int}}(h) \right) + Q_{m\_recirc} \times \omega_{sat}}{Rat_{em\_eff}^{em} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m\_recirc}} - \omega_{ini} \\ B = \frac{Rat_{em\_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m\_recirc}}{Rat_{em\_eff} \cdot V \cdot \rho_{i,g} (h - 1)} \end{array} \right. \quad (831)$$

$$\omega_{fin} = \omega_{ini} + A \times (1 - e^{-B \times T})$$

- **CalculHumiditeSpeMoy**($Rat_{em\_eff}(-)$, $Q_{m\_recirc}(kg/s)$, $\omega_{sat}(kg/kgas)$, $T(s)$, $\omega_{ini}(kg/kgas)$)

Cette fonction calcule l'humidité spécifique ω_{moy} sur une période de durée T , obtenue à partir d'une humidité initiale ω_{ini} .

L'algorithme de la fonction est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{Rat_{em\_eff} \cdot \left(\sum_j (Q_{maj}(h) \times \omega_{maj}(h)) + A_{\omega_{int}}(h) \right) + Q_{m\_recirc} \times \omega_{sat}}{Rat_{em\_eff}^{em} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m\_recirc}} - \omega_{ini} \\ B = \frac{Rat_{em\_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m\_recirc}}{Rat_{em\_eff} \cdot V \cdot \rho_{i,g} (h - 1)} \end{array} \right. \quad (832)$$

$$\omega_{moy} = \omega_{ini} + A \times \left(1 - \frac{1 - e^{-B \times T}}{B \times T} \right)$$

- **CalculTemps**($Rat_{em\_eff}()$, $Q_{m\_recirc}(kg/s)$, $\omega_{sat}(kg/kgas)$, $\omega_{ini}(kg/kgas)$, $\omega_{fin}(kg/kgas)$)

Cette fonction calcule la durée T nécessaire pour atteindre une humidité spécifique finale ω_{fin} à partir d'une humidité initiale ω_{ini} .

L'algorithme de la fonction est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{Rat_{em\_eff} \cdot \left(\sum_j (Q_{maj}(h) \times \omega_{maj}(h)) + A_{\omega_{int}}(h) \right) + Q_{m\_recirc} \times \omega_{sat}}{Rat_{em\_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m\_recirc}} - \omega_{ini} \\ B = \frac{Rat_{em\_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m\_recirc}}{Rat_{em\_eff} \cdot V \cdot \rho_{i,g}(h-1)} \\ C = 1 - \frac{\omega_{fin} - \omega_{ini}}{A} \end{array} \right. \quad (833)$$

$$T = - \frac{\ln(C)}{B}$$

8.3.3.3 Variation de l'humidité spécifique dans le groupe en calcul du Bbio

Le bilan hydrique intervient en aval du processus associé aux systèmes d'émission du groupe. $\omega_{i,g,fin}(h-1)$ vient alimenter la modélisation des échanges aérauliques entres groupes.

En calcul du coefficient BBio, la déshumidification sur les batteries froides n'intervient pas. En utilisant, les fonctions précédemment définies :

$$\omega_{i,g_{fin}}(h) = \text{CalculHumi diteSpeFin}(1(-), 0(kg/s), 0(kg/kgas), 3600(s), \omega_{i,g_{fin}}(h-1)) \quad (834)$$

Où $T = 3600 \text{ s}$

Note :

- La valeur de l'humidité spécifique à la fin du pas de temps h , $\omega_{i,g_{fin}}$ est utilisée en entrée du bilan hydrique au pas de temps $h+1$.
- On notera aussi qu'au pas de temps $h+1$, la masse volumique $\rho_{i,g,prev}$ est calculée à partir $\omega_{i,g_{prev}}$ et $\theta_{i,g_{prev}}$ (du pas temps h) dans la fiche algorithme **C_VEN_Débits_d'Air**.
- A l'inverse, on peut calculer la durée requise pour atteindre une humidité spécifique donnée.

8.3.3.4 Variation de l'humidité spécifique dans le groupe en calcul des consommations

Le bilan hydrique intervient également en aval du processus associé aux systèmes d'émission du groupe. L'humidité spécifique au début du pas temps $\omega_{i,g,fin}(h-1)$ vient alimenter la modélisation des échanges aérauliques entres groupes.

En calcul des consommations le modèle de calcul global du groupe n'est plus valable dans la mesure où intervient la déshumidification au niveau des batteries des différents émetteurs froids.

L'air brassé par la batterie est considéré comme un mélange d'air à saturation à la température de la batterie, et d'air non-affecté par le passage. Le débit total d'air brassé, en contact direct avec la batterie, est appelé débit de recirculation (voir fiche **C_Emi_Systèmes d'émission**).

Par simplification, on calcule indépendamment les évolutions de l'humidité spécifique dans les locaux desservis par des types d'émetteurs de froid différents, de volumes calculés à partir du Rat_{eff}^{em} . L'humidité spécifique du groupe à la fin du pas de temps est alors la moyenne pondérée des humidités spécifiques finales des locaux par leurs Rat_{eff}^{em} .

8.3.3.4.1 Processus pour chaque émetteur

Le processus suivant ne diffère de celui du calcul du *BBio* que si le groupe est desservi par un ou des émetteurs de froid, et que ceux-ci sont sollicités ($id_{bfr}(h)=1$).

Si $id_{bfr}(h)=0$, alors, (le calcul est identique au calcul dans le cadre du *BBio*, avec une décomposition en locaux)

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = 0(s) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeFin}(Rat_{em\_eff}^{em}, 0(kg/s), 0(kg/kgas), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \\ \omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h) = 0(kg/kgas) \end{cases}$$

Sinon,

Si $\omega_{i,g,fin}(h-1) \geq \omega_{sat}^{em}(h)$, alors, (la déshumidification a lieu dès le début du pas de temps)

$$\omega_{i,g,fin,deshu\_perm}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeFin}(Rat_{em\_eff}^{em}, Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1))$$

Si $\omega_{i,g,fin,deshu\_perm}^{em}(h) \geq \omega_{sat}^{em}(h)$, alors, (il y a eu déshumidification tout au long du pas de temps)

(835)

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = 3600(s) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = \omega_{i,g,fin,deshu\_perm}^{em}(h) \\ \omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeMoy}(Rat_{em\_eff}^{em}, Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \end{cases}$$

Sinon, (la déshumidification s'est arrêtée au bout d'un temps dt_{deshu})

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = \text{CalculTemp s}(Rat_{em\_eff}^{em}, Q_{m\_recirc}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), \omega_{i,g,fin}(h-1), \omega_{sat}^{em}(h)) \\ \omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeMoy}(Rat_{em\_eff}^{em}, Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{deshu}(h), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \\ dt_{sec}(h) = 1 - dt_{deshu}(h) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeFin}(Rat_{em\_eff}^{em}, 0(kg/s), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{sec}(h), \omega_{sat}^{em}(h)) \end{cases}$$

Sinon, (la déshumidification n'a pas lieu au début du pas de temps)

$$\omega_{i,g,fin,sans\_deshu}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeFin} (Rat_{em\_eff}^{em}, 0(kg / s), \omega_{sat}^{em}(h), 3600 (s), \omega_{i,g,fin}^{em}(h-1))$$

Si $\omega_{i,g,fin,sans\_deshu}^{em}(h) \leq \omega_{sat}^{em}(h)$, alors, (la déshumidification n'a pas lieu du tout au cours du pas de temps)

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = 0(s) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = \omega_{i,g,fin,sans\_deshu}^{em}(h) \\ \omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h) = 0 \end{cases}$$

Sinon, (la déshumidification se déclenche au bout d'un temps dt_{sec} et se poursuit jusqu'à la fin du pas de temps)

$$\begin{cases} dt_{sec}(h) = \text{CalculTemp s}(Rat_{em\_eff}^{em}, 0(kg / s), \omega_{sat}^{em}(h), \omega_{i,g,fin}^{em}(h-1), \omega_{sat}^{em}(h)) \\ dt_{deshu}(h) = 3600 - dt_{sec}(h) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeFin} (Rat_{em\_eff}^{em}, Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{deshu}(h), \omega_{sat}^{em}(h)) \\ \omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h) = \text{CalculHumi diteSpeMoy} (Rat_{em\_eff}^{em}, Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{deshu}(h), \omega_{sat}^{em}(h)) \end{cases}$$

On en déduit l'énergie latente fournie par la batterie froide en déshumidification :

$$Q_{sys\_lat}^{em}(h) = -\frac{L_{v\_eau}}{3.6} \times dt_{deshu}(h) \times Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h) \times \text{MAX} \left(0; \omega_{i,g,moy\_deshu}^{em}(h) - \omega_{sat}^{em}(h) \right) \quad (836)$$

(Wh)

8.3.3.4.2 Humidité spécifique finale du groupe

L'humidité finale du groupe est la moyenne des humidités spécifiques des locaux desservis par des émetteurs de froid différents, pondérées par les Rat_{eff}^{em} .

$$\omega_{i,g,fin}(h) = \sum_{em \in gr} Rat_{eff}^{em} \cdot \omega_{i,g,fin}^{em}(h) \quad (kg/kgas) \quad (837)$$

8.3.3.4.3 Calcul de l'énergie latente de déshumidification du groupe

Au final, on calcule l'énergie latente de déshumidification de l'ensemble des émetteurs :

$$Q_{sys\_lat}(h) = \sum_{em} Q_{sys\_lat}^{em}(h) \quad (Wh) \quad (838)$$

8.4 C_Ein_Détermination des saisons de fonctionnement des systèmes de chaud et de froid

8.4.1 INTRODUCTION

La détermination des saisons de fonctionnement des réseaux intergroupes, de CTA et de la génération passe par une comparaison des valeurs de saisons de fonctionnement des différents groupes desservis par une même génération.

La génération doit être maintenue activée tant qu'au moins un des groupes qu'elle dessert se trouve en saison propre de fonctionnement. La procédure est indépendante pour le chauffage et pour le refroidissement.

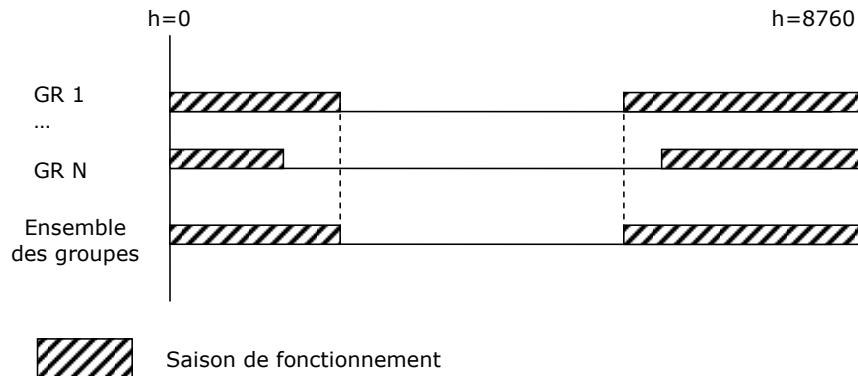


Figure 92: illustration de la procédure de détermination des saisons au niveau de la génération

Le principe est le même pour les réseaux de distribution intergroupes et des CTA.

Deux types de raccord entre la génération et les réseaux de distributions intergroupes sont pris en compte :

- **Raccordement permanent** : il est impossible de condamner un des réseaux de distribution de la génération. Les saisons de chauffage et de refroidissement effectives sont communes à l'ensemble des groupes reliés à la génération. Si l'arrêt de la saison de chauffage (ou de refroidissement) est signalé pour un de ces groupes, il continuera d'être chauffé (refroidi) tant que tous les groupes reliés n'auront pas atteints la fin de la saison de chauffage (ou de refroidissement)
- **Raccordement avec isolement hydraulique** : il est possible de condamner indépendamment les différents réseaux de distribution intergroupes au niveau de la génération. Les dates de début et de fin des saisons de chauffage et de refroidissement peuvent donc être différentes pour chacun des groupes reliés à la génération.

8.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 90 récapitule sous forme de nomenclature les différentes variables employées dans la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Projet C_Ein_Deter. des saisons	$IHJ(h)$	Heure solaire au pas de temps h .	h			
	$Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$	Indicateur de saison de chauffage. 1 : le groupe est en saison de chauffage.	Ent.			
	$Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement. 1 : le groupe est en saison de refroidissement.	Ent.			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Génération	$id_{raccord\_reseau}^{gen}$	Type de raccordement de la génération aux réseaux de distribution : 0 : Avec possibilité d'isolement 1 : Permanent	Ent	0	1	
	$id_{fonction\_ch}^{dp}$	Fonction du réseau de distribution primaire : 1 : réseau pouvant assurer le chauffage.	Ent	0	1	-
Distributions primaires	$id_{fonction\_fr}^{dp}$	Fonction du réseau de distribution primaire : 1 : réseau pouvant assurer le refroidissement.	Ent	0	1	-
	$id_{fonction\_ch}^{ds}$	Fonction du réseau de distribution secondaire : 1 : réseau secondaire pouvant assurer le chauffage.	Ent	0	1	-
Distributions secondaires	$id_{fonction\_fr}^{ds}$	Fonction du réseau de distribution secondaire : 1 : réseau secondaire pouvant assurer le refroidissement.	Ent	0	1	-
	i_{clim}^{gr}	Indicateur de groupe climatisé.	Ent	0	1	-
Gr.						
Variables internes						
	Nom	Description	Unité			
	$id_{desservi\_ch}^{gen,gr}$	Indicateur de desserte en chauffage du groupe gr par la génération gen .	Entier			
	$id_{desservi\_fr}^{gen,gr}$	Indicateur de desserte en refroidissement du groupe gr par la génération gen .	Entier			

Sorties

	Nom	Description	Unité
Emissions dist. du groupe	$Aut_{ch,eff}^{gr}(j)$	Indicateur de saison effective de chauffage pour le groupe gr .	Ent.
	$Aut_{fr,eff}^{gr}(j)$	Indicateur de saison effective de refroidissement pour le groupe gr .	Ent.
Distribution intergroupes	$Aut_{ch}^{dp}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement en chaud	Ent.
	$Aut_{fr}^{dp}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement en froid.	Ent.
CTA et dist. associées	$Aut_{ch}^{CTA}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement en chaud pour la CTA et ses réseaux.	Ent.
	$Aut_{fr}^{CTA}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement en froid pour la CTA et ses réseaux.	Ent.
Génération	$Aut_{ch}^{gen}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement en chaud pour la génération.	Ent.
	$Aut_{fr}^{gen}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement en froid pour la génération.	Ent.

Tableau 90 : Nomenclature du modèle

8.4.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La procédure décrite ci-dessous est réalisée au pas de temps journalier (à chaque début de jour de simulation, tel que $IHJ(h) = 1$).

Elle n'est applicable que dans le cas d'un calcul des consommations (méthode Th-C).

Elle se situe en aval du calcul des saisons par groupe et en amont de la procédure associée aux systèmes (émissions, distribution, génération).

8.4.3.1 Saison de fonctionnement de la génération

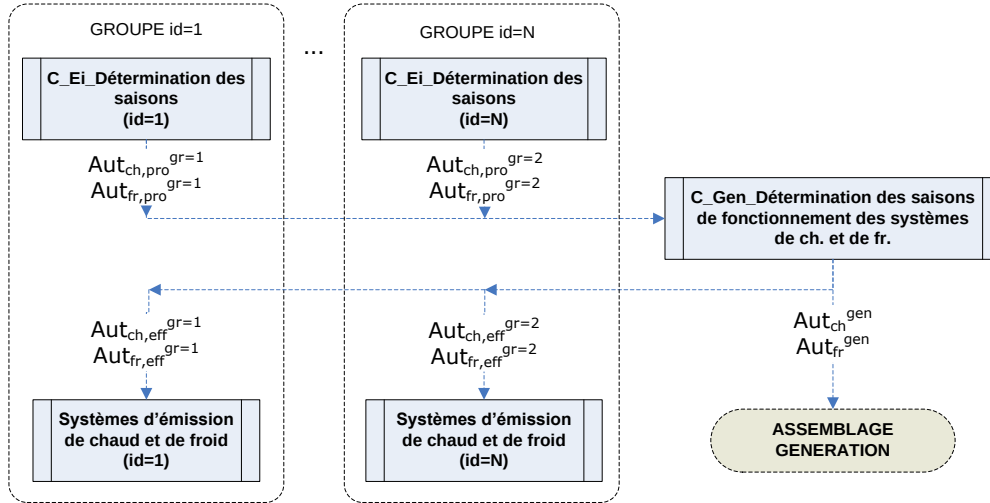


Figure 93: Agencement des composants

On détermine pour chaque génération les groupes desservis en chaud et en froid, au travers des indicateurs $id_{desservi\_ch}^{gen,gr}$ et $id_{desservi\_fr}^{gen,gr}$. Pour déterminer ces groupes, on prend en compte aussi bien les distributions intergroupes reliées à des systèmes d'émissions que celles reliées à des CTA.

La génération est maintenue activée tant qu'un groupe desservi par elle est en saison de fonctionnement. Les groupes non-climatisés ne sont pas pris en compte pour le refroidissement.

$$\begin{cases} Aut_{ch}^{gen}(j) = \underset{gr \leftarrow gen}{MAX}(id_{desservi\_ch}^{gen,gr} \cdot Aut_{ch,pro}^{gr}(j)) \\ Aut_{fr}^{gen}(j) = \underset{gr \leftarrow gen}{MAX}(id_{desservi\_fr}^{gen,gr} \cdot i_{clim}^{gr} \cdot Aut_{fr,pro}^{gr}(j)) \end{cases} \quad (839)$$

8.4.3.2 Saisons de fonctionnement des groupes desservis

Pour chacun des groupes du projet, on réalise la procédure suivante :

Si $\underset{gen \rightarrow gr}{MAX}(id_{raccord\_reseau}^{gen}) > 0$, alors, (le groupe est au moins desservi par une génération avec raccordement permanent des réseaux : il est dépendant des saisons d'une ou plusieurs générations)

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{gr}(j) = \underset{gen \rightarrow gr}{MAX}(id_{desservi\_ch}^{gen,gr} \cdot id_{raccord\_reseau}^{gen} \cdot Aut_{ch}^{gen}(j)) \\ Aut_{fr,eff}^{gr}(j) = \underset{gen \rightarrow gr}{MAX}(id_{desservi\_fr}^{gen,gr} \cdot id_{raccord\_reseau}^{gen} \cdot Aut_{fr}^{gen}(j)) \end{cases} \quad (840)$$

Sinon, (le groupe est indépendant en termes d'enclenchement saisonnier des systèmes de chauffage et de refroidissement)

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{gr}(j) = Aut_{ch,pro}^{gr}(j) \\ Aut_{fr,eff}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j) \end{cases} \quad (841)$$

8.4.3.3 Saison de fonctionnement des réseaux intergroupes

On déduit des informations de saisons par groupe celles des réseaux intergroupes.

$$\begin{aligned} Aut_{ch,eff}^{dp}(j) &= MAX (Aut_{ch,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow dp} \\ Aut_{fr,eff}^{dp}(j) &= MAX (Aut_{fr,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow dp} \end{aligned} \quad (842)$$

8.4.3.4 Saison de fonctionnement des CTA (et réseaux de CTA)

On déduit des informations de saisons par groupe celles des CTA et des réseaux intergroupes associés.

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{CTA}(j) = MAX (Aut_{ch,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow CTA} \\ Aut_{fr,eff}^{CTA}(j) = MAX (Aut_{fr,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow CTA} \end{cases} \quad (843)$$

8.5 C_Ein_Programmation des relances des systèmes

8.5.1 INTRODUCTION

La relance se traduit par un basculement des températures de consigne à leurs valeurs en occupation, quelques heures avant le basculement prévu par les scénarios.

Elle n'est appliquée que lors d'un calcul des consommations.

Il s'agit de retranscrire les consignes générées par les programmeurs qui relancent les systèmes de chauffage ou de froid pour atteindre les consignes de température dès l'arrivée des occupants.

Il convient ainsi de distinguer :

- les relances après une courte période d'inoccupation, inférieure à 48h, qui se déclenchent de manière quotidienne,
- les relances après une période d'inoccupation prolongée, supérieure à 48h, qui se déclenchent suite aux semaines d'absence, et de manière hebdomadaire pour certains usages (week-end).

8.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 91 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Uni	Min	Max	Conv.
Météo	θ_{ext_base}	Température extérieure de base pour la zone géographique et l'altitude du projet.	°C			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h .	°C			
Scénarios	$\{p_{ch}(t)\}_{t=h \text{ à } h+6}$	Valeurs des pas de temps h à $h+6$ de l'indicateur de consigne de chauffage : -1 : Consigne d'absence de plus de 48h, 0 : Consigne d'absence de moins de 48h, 1 : Consigne de présence.	Ent.			
	$\{p_{fr}(t)\}_{t=h \text{ à } h+6}$	Valeurs des pas de temps h à $h+6$ de l'indicateur de consigne de refroidissement.	Ent.			
Saisons	$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison effective de chauffage pour le groupe gr .	Ent.			
	$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison effective de refroidissement pour le groupe gr .	Ent.			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Uni	Min	Max	Conv.
Programmation	$Type_{pgm\_ch}$	Type de programmation de la relance pour le chauffage, s'appliquant à tous les systèmes reliés au groupe via des émetteurs.	Ent.	1	3	-
	$Type_{pgm\_fr}$	Type de programmation de la relance pour le refroidissement, s'appliquant à tous les systèmes reliés au groupe via des émetteurs.	Ent.	1	3	-
Scénarios	$\theta_{ext\_reg\_sup}$	Limite de température extérieure au-delà de laquelle la durée de relance est nulle	°C	-	-	15
	θ_{iich_+}	Température de consigne de chauffage en occupation normale (confort)	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	θ_{iifr_+}	Température de consigne de refroidissement en occupation normale (confort)	°C	$-\infty$	$+\infty$	-

Sorties		
Nom	Description	Uni
	$i_{relance}^{gr}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h. Ent.
Groupe	$\theta_{iich\_relance}(h)$	Température de consigne initiale de chauffage défini par le scénario de relance au pas de temps h. °C
	$\theta_{iifr\_relance}(h)$	Température de consigne initiale de refroidissement défini par le scénario de relance au pas de temps h. °C
CTA	$i_{relance}^{CTA}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h pour un composant CTA donné. Ent.
Variables internes		
Nom	Description	Uni
	$\Delta t_{relance\_ch}(h)$	Durée de la relance pour le chauffage exprimée en nombres d'heure. h
	$\Delta t_{relance\_fr}(h)$	Durée de la relance pour le refroidissement exprimée en nombres d'heure. h
	$\theta_{iich\_relance}(h-1)$	Température de consigne initiale de chauffage définie par le scénario de relance au pas de temps h-1. °C
	$\theta_{iifr\_relance}(h-1)$	Température de consigne initiale de refroidissement définie par le scénario de relance au pas de temps h-1. °C

Tableau 91 : Nomenclature du modèle

8.5.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.5.3.1 Types de programmation

La relance est gérée par une programmation définie au niveau du groupe, pour le chaud et le froid indépendamment.

Pour le chauffage, on définit trois types de programmations possibles ($Type_{pgrm\_ch}$) :

- **1** : horloge à heure fixe,
- **2** : horloge à heure fixe associée à un contrôle d'ambiance,
- **3** : optimiseur.

Pour le refroidissement, on définit également trois types de programmations possibles ($Type_{pgrm\_fr}$) :

- **1** : horloge à heure fixe,
- **2** : horloge à heure fixe associée à un contrôle d'ambiance,
- **3** : pas d'horloge.

8.5.3.2 Durées de relance selon les cas

Type _{pgrm_ch}	Type de programmation associé	Durée de relance : $\Delta t_{relance}(h)$	
		Inoccupation courte $p_{ch}(t)=0$	Inoccupation prolongée $p_{ch}(t)=-1$
1	Horloge à heure fixe	2 h	6 h
2	Horloge à heure fixe associée à un contrôle d'ambiance	2 h	4 h
3	Optimiseur	1 h	Variation linéaire en fonction de θ_{ext} entre 0 et 3h Voir ci-dessous.

Tableau 92: Type de programmation et durée de relance en chauffage

Type _{pgrm_fr}	Type de programmation associé	Durée de relance : $\Delta t_{relance}(h)$	
		Inoccupation courte $p_{fr}(t)=0$	Inoccupation prolongée $p_{fr}(t)=-1$
1	Horloge à heure fixe	1 h	3 h
2	Horloge à heure fixe associée à un contrôle d'ambiance	1 h	2 h
3	Sans horloge	0 h (fonctionnement permanent)	0 h (fonctionnement permanent)

Tableau 93: Type de programmation et durée de relance en refroidissement

La durée de relance en chauffage n'est calculée que pendant la saison de fonctionnement des systèmes de chauffage du groupe ($Aut_{ch,eff}(j)=1$).

La durée de relance en refroidissement n'est calculée que pendant la saison de fonctionnement des systèmes de refroidissement du groupe ($Aut_{fr,eff}(j)=1$).

Pour le chauffage, lorsqu'on est en présence d'un optimiseur, suite à une inoccupation prolongée, le temps de relance varie de manière linéaire entre 0 et 3h, en fonction de la température extérieure du pas de temps h .

On arrondit $\Delta t_{relance}(h)$ à la valeur entière la plus proche :

$$\Delta t_{relance\_ch}(h) = \text{ARRONDI} \left(\frac{3(\text{heures})}{\theta_{ext\_base} - \theta_{ext\_reg\_sup}} \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{ext\_reg\_sup}) \right)$$

$$\text{Si } \Delta t_{relance\_ch}(h) \geq 3, \text{ alors, } \Delta t_{relance\_ch}(h) = 3(h)$$

$$\text{Si } \Delta t_{relance\_ch}(h) \leq 0, \text{ alors, } \Delta t_{relance\_ch}(h) = 0(h)$$
(844)

8.5.3.3 Détermination des températures de consigne de relance

Valeurs initiales ($h=0$) :

$$\theta_{iich\_relance}(h=0) = 0 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\theta_{iifr\_relance}(h=0) = 100 \text{ (}^\circ\text{C)}$$
(845)

A chaque pas de temps de simulation au-delà du pas de temps initial, il faut réaliser les processus suivants :

Pour le chauffage : le calcul n'a lieu qu'en saison de fonctionnement des systèmes de chauffage ($Aut_{ch,eff}(j)=1$). En dehors, $\theta_{iich\_relance}(h) = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Si $p_{ch}(h) < 1$, alors,

Si $\theta_{iich\_relance}(h-1) < \theta_{iich\_+}$, alors,

Si $p_{ch}(h+\Delta t_{relance}(h)) = 1$ et $p_{ch}(h+\Delta t_{relance}(h)-1) < 1$, alors,

$$\theta_{iich\_relance}(h) = \theta_{iich\_+}$$

Sinon,

$$\theta_{iich\_relance}(h) = 0 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Sinon,

$$\theta_{iich\_relance}(h) = \theta_{iich\_relance}(h-1) \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Sinon,

$$\theta_{iich\_relance}(h) = 0 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

(846)

Pour le refroidissement : le calcul n'a lieu qu'en saison de fonctionnement des systèmes de refroidissement ($Aut_{fr,eff}(j)=1$). En dehors, $\theta_{iifr\_relance}(h) = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Si $p_{fr}(h) < 1$, alors,
 Si $Type_{pgm\_fr} < 3$ alors,
 Si $\theta_{iifr\_relance}(h-1) > \theta_{iifr\_+}$, alors,
 Si $p_{fr}(h+\Delta t_{relance}(h)) = 1$ et $p_{fr}(h+\Delta t_{relance}(h)-1) < 1$, alors,
 $\theta_{iifr\_relance}(h) = \theta_{iifr\_+}$
 Sinon,
 $\theta_{iifr\_relance}(h) = 100\text{ }(^{\circ}\text{C})$ (847)
 Sinon,
 $\theta_{iifr\_relance}(h) = \theta_{iifr\_relance}(h-1)$
 Sinon,
 $\theta_{iifr\_relance}(h) = \theta_{iifr\_+}$
 Sinon,
 $\theta_{iifr\_relance}(h) = 100\text{ }(^{\circ}\text{C})$

En fonctionnement permanent ($Type_{pgm\_fr} = 3$: Sans horloge), la température de consigne de refroidissement est fixée de manière permanente à sa valeur en occupation, soit θ_{iifr_+} (voir algorithme ci-dessus), durant toute la saison de refroidissement.

8.5.3.4 **Indicateurs de phase de relance au niveau du groupe**

Cet indicateur intervient dans la détermination du régime de fonctionnement des ventilateurs locaux des émissions équivalentes du groupe :

Si $\theta_{iich\_relance}(h) > 0$ ou $\theta_{iifr\_relance}(h) < 100$, alors,
 $i_{relance}^{gr}(h) = 1$ (848)
 Sinon,
 $i_{relance}^{gr}(h) = 0$

8.5.3.5 **Indicateurs de phase de relance au niveau des centrales de traitement d'air**

Une centrale de traitement d'air (noté CTA) peut irriguer un ou plusieurs groupes. Ses phases de relance sont directement liées aux phases de relance de ces groupes :

$$i_{relance}^{CTA}(h) = \underset{gr \Leftrightarrow CTA}{MAX}(i_{relance}^{gr}(h)) \quad (849)$$

8.6 S1_Dist_Assemblage des systèmes de chauffage et de refroidissement

8.6.1 INTRODUCTION

Les systèmes de chauffage et de refroidissement regroupent l'ensemble des composants qui permettent de subvenir aux besoins d'énergie des différents groupes du projet.

Les systèmes sont constitués :

- Des **émetteurs de chaud ou de froid**, situés au niveau du groupe, et qui font office d'interface entre comportement thermique du groupe et systèmes,
- Des **réseaux de distribution du groupe et inter-groupes**, qui génèrent des pertes et transmettent l'information d'énergie requise aux générations,
- Des **générateurs de chaud ou de froid**, organisées sous forme d'un assemblage génération décrit dans la fiche du même nom.

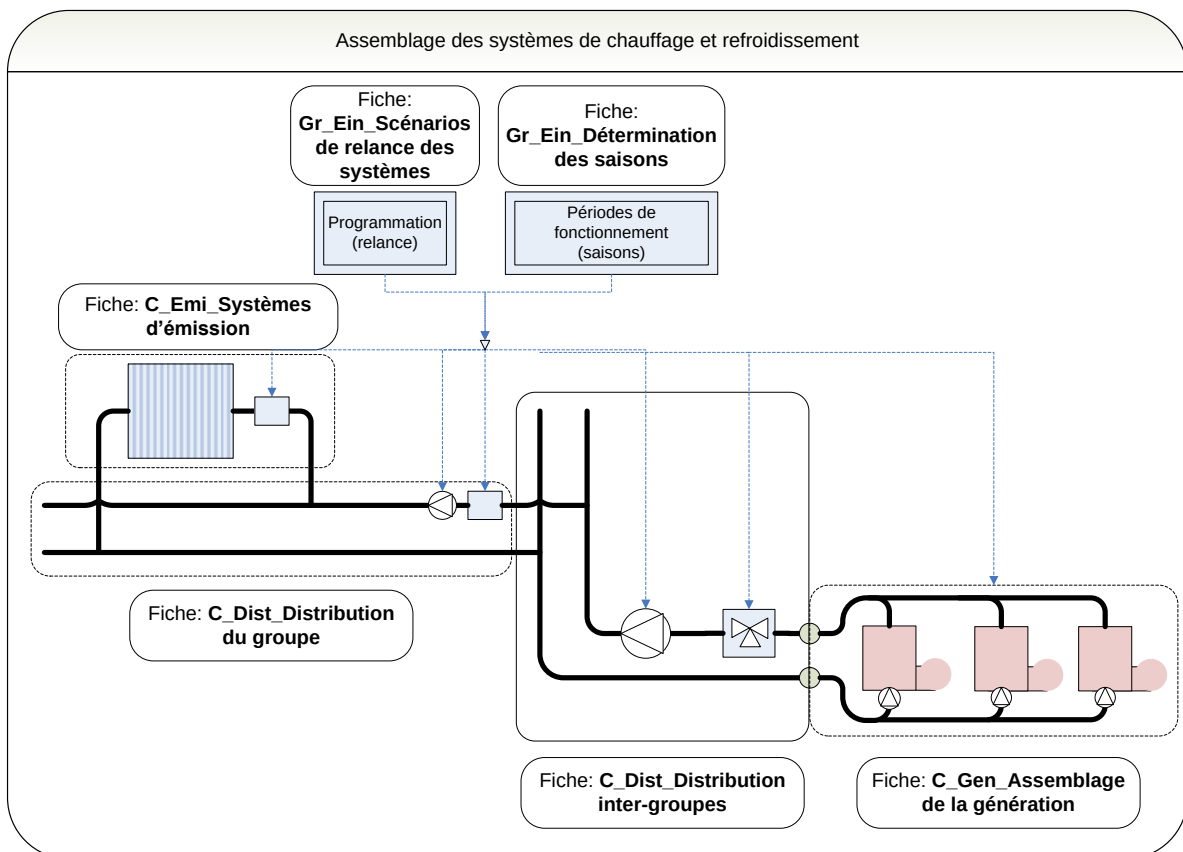


Figure 94: Assemblages des systèmes de chauffage et de refroidissement

8.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 94 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
Météo	$\theta_{\text{ext\_base}}$ Température extérieure de base du site accueillant le projet.	°C
	$\theta_{\text{ext}}(h)$ Température extérieure d'air sec au pas de temps h .	°C
Scénarios (zone)	$i_{\text{occ\_zone}}(h)$ Indicateur d'occupation au temps h : <i>1 : zone en occupation</i> <i>0 : zone en inoccupation</i>	Ent.
	$i_{\text{occ\_zone}}(h-1)$ Indicateur d'occupation au temps $h-1$: <i>1 : zone en occupation</i> <i>0 : zone en inoccupation</i>	Ent.
	$\theta_{\text{iich}}(h)$ Température de consigne initiale de chauffage au pas de temps h .	°C
	$\theta_{\text{iifr}}(h)$ Température de consigne initiale de refroidissement au pas de temps h	°C
Saison	$\text{Saison}_{\text{eff}}(j)$ Saison effective au groupe au jour j .	Ent.
Relance (groupe)	$i_{\text{relance}}(h)$ Indicateur de période de relance au pas de temps h .	Ent.
	$\theta_{\text{iich\_relance}}(h)$ Température de consigne initiale de chauffage définie par le scénario de relance au pas de temps h .	°C
	$\theta_{\text{iifr\_relance}}(h)$ Température de consigne initiale de refroidissement définie par le scénario de relance au pas de temps h .	°C
Comportement	Matrice des températures moyennes aux différents nœuds de températures du groupe pour des puissances convectives et radiatives de 0 et 10kW: $\theta_{i,\text{moy}}(0;0)(h), \theta_{i,\text{moy}}(0;10)(h), \theta_{i,\text{moy}}(10;0)(h)$ $\theta_{s,\text{moy}}(0;0)(h), \theta_{s,\text{moy}}(0;10)(h), \theta_{s,\text{moy}}(10;0)(h)$ $\theta_{m,\text{moy}}(0;0)(h), \theta_{m,\text{moy}}(0;10)(h), \theta_{m,\text{moy}}(10;0)(h)$ $\theta_{rm,\text{moy}}(0;0)(h), \theta_{rm,\text{moy}}(0;10)(h), \theta_{rm,\text{moy}}(10;0)(h)$ $\theta_{op,\text{moy}}(0;0)(h), \theta_{op,\text{moy}}(0;10)(h), \theta_{op,\text{moy}}(10;0)(h)$	°C

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Groupe A^{gr}	Surfaces utiles des groupes du bâtiment.	m ²	0	$+\infty$	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Emissions équivalentes Paramètres de l'émetteur équivalent de chaud (voir fiche Sn_Emi_Systèmes d'émissions).		-	-	-	-
Emissions équivalentes Paramètres de l'émetteur équivalent de froid (voir fiche Sn_Emi_Systèmes d'émissions).		-	-	-	-
Emissions équivalentes Paramètres des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe (voir fiche Sn_Emi_Systèmes d'émissions).		-	-	-	-
Distributions Paramètres des gestions/régulations des distributions du groupe.		-	-	-	-
Distributions Paramètres physiques des distributions du groupe.		-	-	-	-
Distributions Paramètres des gestions/régulations des distributions inter-groupes.		-	-	-	-
Distributions Paramètres physiques des distributions inter-groupes		-	-	-	-
Distributions Paramètres des gestions/régulations des distributions intergroupes de CTA.		-	-	-	-
Distributions Paramètres physiques des distributions intergroupes de CTA.		-	-	-	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Ventilateurs locaux $W_{vent\_loc\_tot}(h)$	Consommation électrique totale des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe.	Wh
Ventilateurs locaux $\Phi_{vent\_loc}(h)$	Energie consommée par les ventilateurs locaux de l'ensemble des émetteurs du groupe et récupérables par le groupe sous forme de chaleur.	Wh
Distributions du $W_{aux}^{ds}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh
Distributions du $\Phi_{aux\_vc}^{ds}(h)$	Energie consommée par le circulateur et récupérable par les groupes sous forme de chaleur au pas de temps h.	Wh

Distributions inter-groupes	$\Phi_{pertes\_vc}^{ds}(h)$	Pertes de distribution du réseau du groupe vers des locaux chauffés appartenant au groupe (pertes récupérables).	Wh
	$W_{aux}^{dp}(h)$	Energie dépensée par le circulateur du réseau de distribution inter-groupe au pas de temps h .	Wh
	$\Phi_{aux\_vc}^{dp}(h)$	Energie consommée par le circulateur et récupérable par les groupes sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
	$\Phi_{pertes\_vc}^{dp}(h)$	Pertes de distribution du réseau inter-groupe vers des locaux chauffés appartenant (pertes récupérables).	Wh
Assemblage génération	$\theta_{moy}^{dp}(h)$ $\theta_{moy}^{dCTA}(h)$	Températures moyennes des différents réseaux de chauffage et de refroidissement.	°C
	$\theta_{dep}^{dp}(h)$ $\theta_{dep}^{dCTA}(h)$	Températures de départ des différents réseaux de chauffage et de refroidissement.	°C
	$Q_{sys\_ch}^{dp}(h)$ $Q_{sys\_ch}^{dCTA}(h)$	Besoins horaires en chauffage augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes de chauffage	Wh
	$Q_{sys\_fr}^{dp}(h)$ $Q_{sys\_fr}^{dCTA}(h)$	Besoins horaires en chauffage augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes.	Wh
	$id_{relance}^{dp}(h)$ $id_{relance}^{dCTA}(h)$	Indicateurs de période de relance pour les différents réseaux intergroupes de chaud et de froid.	Bool

Tableau 94 : Nomenclature du modèle

8.6.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

8.6.3.1 Assemblage avec des systèmes d'émissions

L'assemblage des systèmes de chauffage et de refroidissement est constitué de plusieurs sous-assemblages communiquant entre eux.

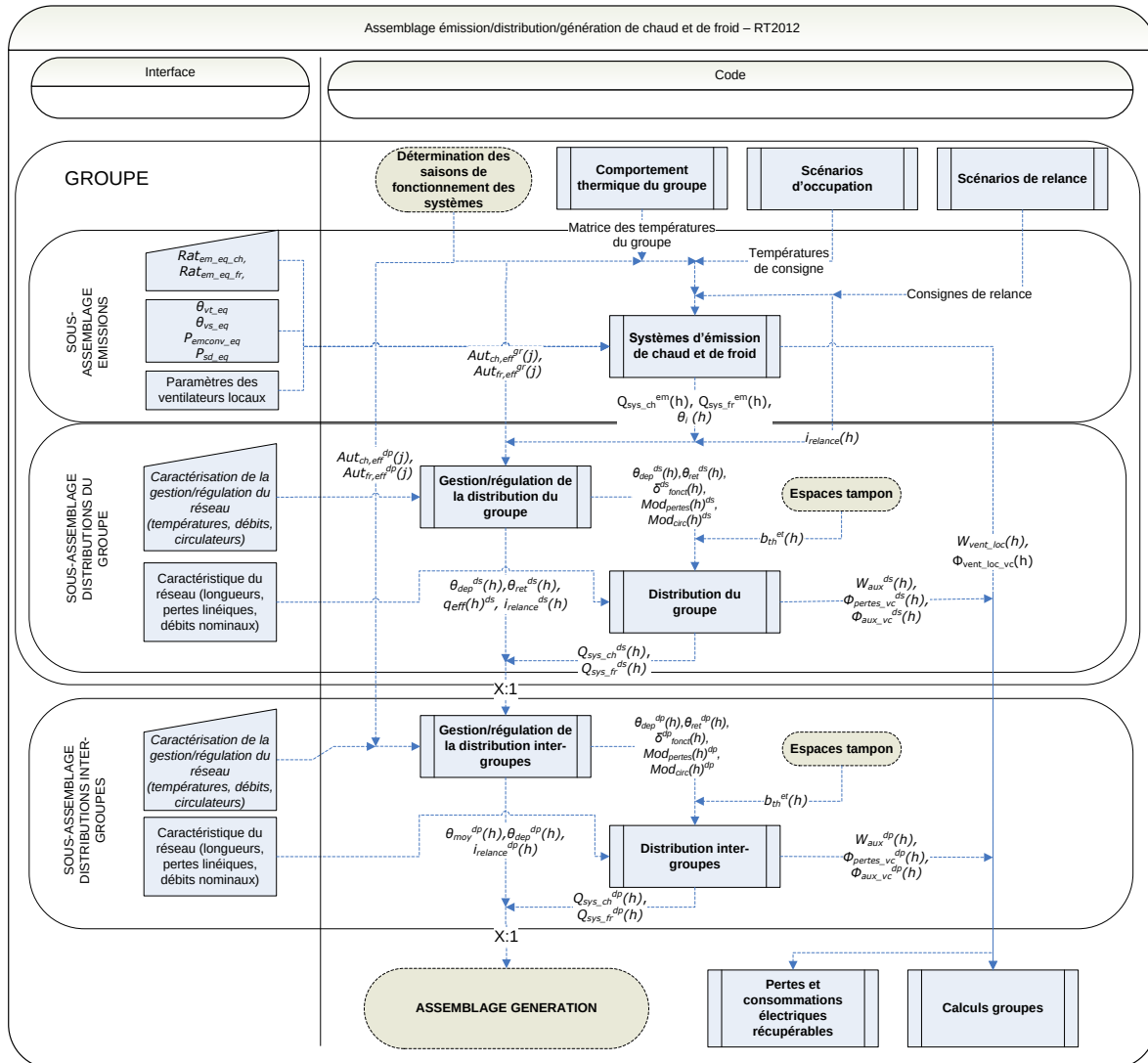


Figure 95: Assemblage des composants des systèmes de chauffage et de refroidissement

On distingue les sous-assemblages suivants :

- Le module **systèmes d'émission**, définis au niveau du groupe. Il a pour fonction le calcul de la demande horaire en énergie du groupe sur la base des informations de scénarios, de saisons et de relance. Le système d'émission d'un groupe peut associer plusieurs types d'émetteurs, utilisés sur des locaux différents ou en association dans un même local.
- L'assemblage **distributions du groupe**. Chaque émetteur est associé à un ou à un couple de réseaux de distributions du groupe (chauffage et refroidissement) ; ces derniers sont modélisés à l'aide d'un composant *gestion/régulation de la distribution du groupe* et d'un composant *distribution du groupe*. Le premier a pour rôle le calcul des températures et débits du réseau en fonction des paramètres de gestion introduits par l'utilisateur ; le second réalise le calcul des pertes du réseau et de l'énergie électrique consommée par les circulateurs (auxiliaires de distribution).

- L'assemblage **distributions inter-groupe**. Il permet de décrire un niveau supplémentaire dans l'arborescence des réseaux, en réalisant la connexion entre réseaux de distributions des groupes et générations. Un réseau de distribution intergroupe est également modélisé à l'aide d'un composant *gestion/régulation de la distribution* et d'un composant *distribution* (voir le paragraphe sur les distributions du groupe).
- L'assemblage **génération**, décrit séparément, modélise les systèmes de production d'énergie.

Les diverses sorties des assemblages sont :

- Les consommations d'auxiliaires de ventilation associées aux ventilateurs locaux et aux circulateurs de distribution. Ces données sont regroupées et sommées dans la fiche **Calculs groupe**.
- Les pertes et consommations récupérables par le volume chauffé sous forme de chaleur ou de puissance de froid. Ces dernières sont regroupées et sommées dans la fiche **Calcul des pertes et consommations récupérées**. Au pas de temps suivant, elles sont ensuite transmises sous formes d'apports internes aux groupes desservis.
- Les demandes en chaud et en froid $Q_{sys\_ch}^{dp}(h)$ et $Q_{sys\_fr}^{dp}(h)$, les températures de réseau (moyenne et de départ), et les indicateurs temporels (saison et relance). Toutes ces informations alimentent l'**Assemblage génération**.

8.6.3.2 Assemblage en présence d'une CTA

Une CTA est associée à ses réseaux propres, indépendants du reste des réseaux de distribution, pour la prise en compte des consommations de préchauffage, prérefroidissement, humidification et antigel.

Les réseaux de CTA sont intergroupes. La demande est calculée au niveau des composants CTA.

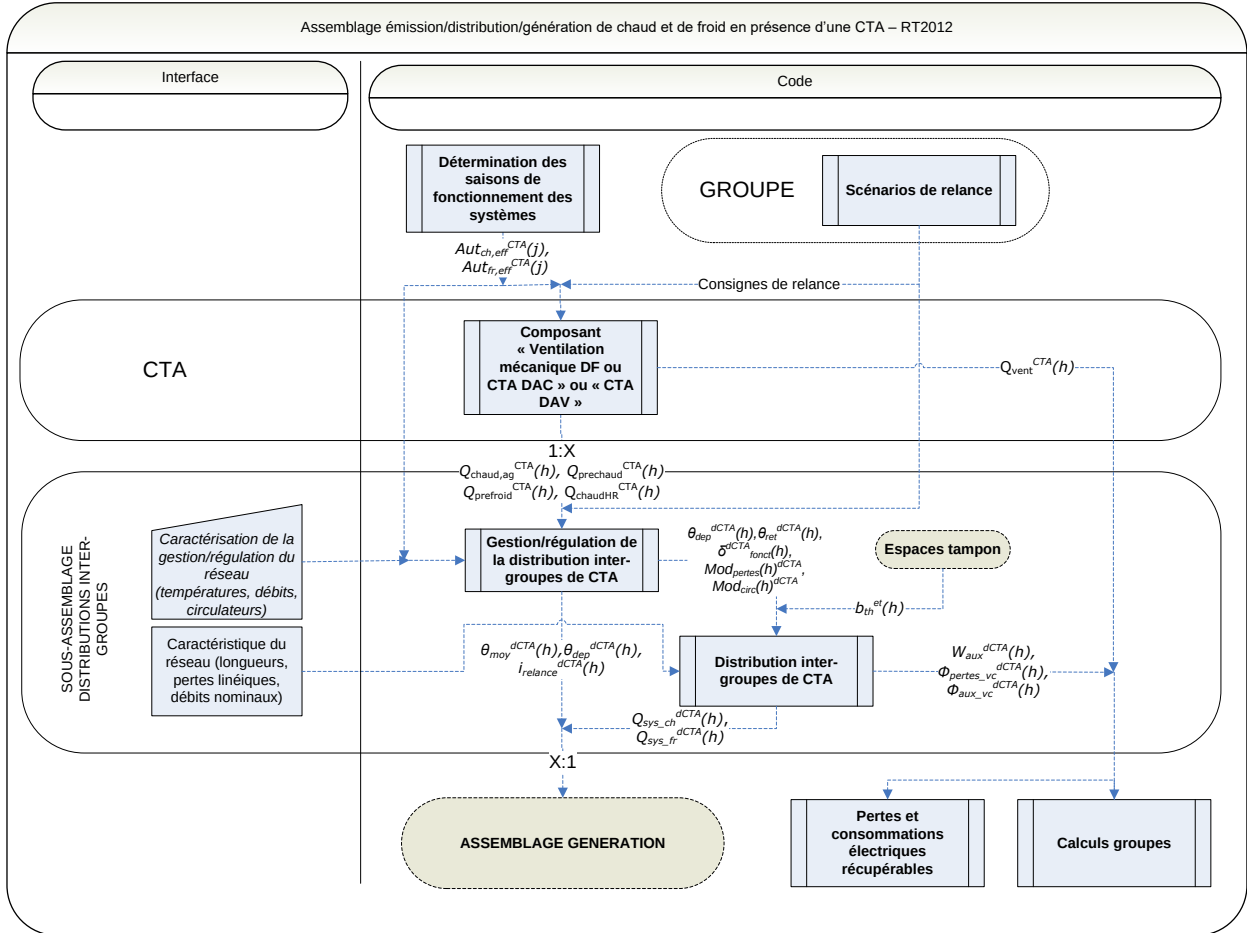


Figure 96 : Assemblage des composants des systèmes associés à une CTA

Le module **composant CTA**, défini au niveau de la zone, a notamment pour fonction le calcul des besoins en prérefroidissement, préchauffage, humidification et antigel, à partir des consignes de températures et d'humidités, ainsi que des modes de gestion, définis pour le système CTA.

8.7 C-DIST-Gestion/régulation des distributions de chauffage et de refroidissement du groupe

8.7.1 INTRODUCTION

Les composants distributions du groupe représentent les réseaux de distribution locaux, en contact direct avec les systèmes d'émissions. Ils sont déclinés selon leur fonction : réseau de chauffage ou réseau de refroidissement.

Les règles de modélisation sont les suivantes :

- En l'absence de conduite de distribution hydraulique, c'est-à-dire pour l'ensemble des systèmes sur air tels que les pompes à chaleur à détente directe, les convecteurs et radiateurs électriques et les poêles à bois, un composant distribution du groupe de type fictif est introduit, afin de lier la description des systèmes d'émission et de génération.
- Un composant émetteur à fonction unique (chauffage seul ou refroidissement seul) est associé à un et un seul composant distribution du groupe partageant sa fonction,
- Un composant émetteur chauffant/rafraîchissant (par exemple plancher, plafond, ventilo-convecteur) est associé à un composant distribution du groupe de chauffage et un composant distribution du groupe de refroidissement. Cette règle est valable aussi bien pour les réseaux fictifs, que pour les réseaux hydrauliques 4 tubes (conduites de chauffage et refroidissement matériellement séparées) et 2 tubes « réversible » (une seule conduite assurant chauffage et refroidissement en alternance selon les périodes).

Note : dans ce dernier cas, la description des caractéristiques physiques de la conduite unique est effectuée deux fois.

Dans le cas d'un réseau hydraulique, les données suivantes sont calculées :

- Température de départ,
- Débit volumique, chute de température dans les émetteurs, et température retour,
- Réduction de pertes liée à un fonctionnement intermittent,
- Coefficient de régulation des circulateurs.

La régulation de la puissance à fournir peut avoir lieu soit sur le débit (débit variable), soit sur l'écart de température départ/retour (débit constant), soit sur l'intermittence (système en tout ou rien).

On considère qu'en parallèle le système opère un contrôle sur la température en un point du réseau : température de départ constante, température de retour constante, ou température de départ fonction des conditions extérieures (en chauffage uniquement).

8.7.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 95** donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Env. ext.	θ_{ext_base}	Température extérieure de base pour la zone géographique et l'altitude du projet.	°C			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h .	°C			
Groupe	$i_{relance}^{gr}(h)$	Indicateur de période de relance du groupe au pas de temps h .	Ent.			
	$\theta_{i,moy}^{gr}(h)$	Température de l'air intérieur moyenne dans le groupe au pas de temps h (après croisement).	°C			
Systèmes d'émission	$Q_{sys\_ch}^{em}(h)$	Energie requise de chauffage, transmise par l'émetteur em à son réseau de distribution au pas de temps h .	Wh			
	$Q_{sys\_fr}^{em}(h)$	Energie requise de refroidissement, transmise par l'émetteur em à son réseau de distribution au pas de temps h .	Wh			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution du groupe : 1 : chauffage 2 : refroidissement	Ent.	0	1	-
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Gestion du réseau de distribution	id_{type}	Type de réseau de distribution du groupe : 0 : réseau de distribution fictif, 1 : réseau de distribution hydraulique.	Ent.	0	1	-
	id_{type}^{dp}	Type de réseau de distribution intergroupes associé.	Ent.	0	1	-
	id_{debit_ch} ou id_{debit_fr}	Mode de régulation de fonctionnement : 1 : Régulation à débit constant et fonctionnement continu, 2 : Régulation à débit constant et fonctionnement intermittent, 3 : Régulation à débit variable.	Ent.	1	3	-

Températures de dimensionnement	id_{gest_ch} ou id_{gest_fr}	Mode de régulation de la température du réseau du groupe.	Ent	1	3	-
	$\theta_{ext\_lim\_ch}$	Limite de température extérieure au-delà de laquelle la température de départ adopte sa valeur minimale, en chauffage.	°C	-	-	15
	$\theta_{dep\_ch\_min}$	Valeur minimale de température de départ du réseau du groupe en chauffage en fonctionnement.	°C	-	-	20
	$\theta_{dep\_dim\_ch}$ ou $\theta_{dep\_dim\_fr}$	Température de départ de dimensionnement (pour les modes à température de départ constante ou modulation en fonction de la température extérieure).	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$\theta_{ret\_dim\_ch}$ ou $\theta_{ret\_dim\_fr}$	Température de retour de dimensionnement (pour les modes à température de retour constante).	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$\Delta\theta_{em\_dim\_ch}$ ou $\Delta\theta_{em\_dim\_fr}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement en chauffage.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	q_{resid}	Débit résiduel minimal du réseau du groupe dans le cas d'une régulation à débit variable.	m ³ /h	$-\infty$	$+\infty$	-
	q_{nom_ch} ou q_{nom_fr}	Débit volumique nominal dans le réseau du groupe.	m ³ /h	$-\infty$	$+\infty$	-
	id_{circ_ch} ou id_{circ_fr}	Mode de régulation du circulateur du réseau du groupe en chauffage : <i>0 : Pas de circulateurs,</i> <i>1 : Vitesse constante,</i> <i>2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle constante,</i> <i>3 : Vitesse variable évoluant de manière à réduire la pression différentielle dans le réseau.</i>	Ent.	0	3	-

Sorties

	Nom	Description	Unité
Période de relance	$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h, à transmettre au réseau de distribution intergroupes.	Ent.
Distrib du gr.	$\theta_{dep}(h)$	Température du départ du réseau du groupe au pas de temps h.	°C
	$\theta_{ret}(h)$	Température du retour du réseau du groupe au pas de temps h.	°C

	$q_{eff}(h)$	Débit volumique effectif totale dans le réseau du groupe.	m ³ /h	
	$\delta_{fonct}(h)$	Indicateur de fonctionnement du réseau de distribution.	Ent.	
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion.	Réel	
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation de la puissance des circulateurs en fonction de leur mode de gestion.	Réel	
Variables internes				
	Nom	Description	Unité	
	$q_{req}(h)$	Débit volumique requis pour fournir l'énergie au groupe au pas de temps h.	m ³ /h	
	$\Delta\theta_{em}(h)$	Ecart de température dans le réseau du groupe entre départ et retour.	°C	
Constantes				
	Nom	Description	Unité	Conv.
Propriétés de l'eau	ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau liquide dans les conditions standards de pression et de température (P = 1atm, T=20°C).	kg/m ₃	998
	C_{p_eau}	Capacité thermique massique de l'eau liquide dans les conditions standards de pression et de température (P = 1atm, T=20°C).	Wh/(kg.°C)	1.163

Tableau 95 : Nomenclature du modèle

8.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.7.3.1 **Cohérence avec le réseau de distribution intergroupes**

Un réseau de distribution du groupe doit être connecté à un et un seul réseau de distribution intergroupes.

Le réseau de groupe et celui intergroupes doivent alors avoir les mêmes fonctions. Les conditions à vérifier sont:

$$\left\{ \begin{array}{l} id_{fonction\_ch} = id_{fonction\_ch}^{dp} \\ ou \\ id_{fonction\_fr} = id_{fonction\_fr}^{dp} \end{array} \right. \quad (850)$$

Le type du réseau du groupe doit être celui du réseau de distribution intergroupes. La condition à vérifier est :

$$id_{type} = id_{type}^{dp} \quad (851)$$

8.7.3.2 **Lien avec la programmation des relances**

La distinction entre période de fonctionnement normale et période de relance est réalisée sur la base de l'indicateur suivant, connu au niveau du groupe :

$$id_{relance} = id_{relance}^{gr} \quad (852)$$

8.7.3.3 Description des processus de calculs

Selon les valeurs de id_{type} et $id_{fonction}$, se référer au chapitre cité pour la procédure utilisée.

id_{type}	id_{fonct_ch}	Fonction du réseau	Processus appelé
0	/	Tous les cas	Voir 8.7.3.3.1
1	$id_{fonction} = 1$	Chauffage uniquement	Voir 8.7.3.3.2
	$id_{fonction} = 2$	Refroidissement uniquement	Voir 8.7.3.3.3

Tableau 96: Récapitulatif de l'appel des procédures

8.7.3.3.1 Cas d'un réseau fictif ($id_{type}=0$)

En l'absence de fluide caloporteur liant la génération aux systèmes d'émission (cas des générateurs sur air ambiant), le lien entre émetteur et génération est modélisé par un réseau de distribution fictif, sans pertes ni consommations d'auxiliaires.

Cela concerne :

- L'ensemble des dispositifs de chauffage à effet joule,
- Les générateurs d'air chaud,
- Les poêles et inserts,
- Les PAC à détente directe.

Les données de sortie sont les suivantes :

$$\begin{aligned}
 \theta_{dep}(h) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\
 \theta_{ret}(h) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\
 Mod_{pertes}(h) &= 0 \\
 Mod_{circ}(h) &= 0 \\
 q_{eff}(h) &= 0 \text{ (m}^3\text{/h)} \\
 \delta_{fonct}(h) &= 0
 \end{aligned}
 \tag{853}$$

8.7.3.3.2 Réseau hydraulique de chauffage ($id_{type}=1$, $id_{fonction} = 1$)

8.7.3.3.2.1 Températures de dimensionnement

Les températures de dimensionnement sont saisies par l'utilisateur, ainsi que les écarts nominaux de températures entre branche départ et retour.

8.7.3.3.2 Indicateur de fonctionnement

Le fonctionnement des réseaux est asservi à la demande de chauffage issue des émetteurs :

Si $Q_{sys\_ch}(h) > 0$ (Wh), alors, (réseau en fonctionnement)

$$\delta_{fonct}(h) = 1 \quad (854)$$

Sinon,

$$\delta_{fonct}(h) = 0$$

8.7.3.3.2.3 Débit requis et diminution de température de fluide suite au passage dans les émetteurs

Le calcul diffère selon les modes de gestion. On utilise toujours un bilan énergétique au niveau de l'émetteur, et on calcule les grandeurs inconnues à partir des grandeurs fixées par le mode de gestion.

Si $\delta_{fonct}(h) = 1$, alors, (réseau en fonctionnement)

Si $id_{debit\_ch}(h) = 3$, alors, (réseau à débit variable)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = \frac{Q_{sys\_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot \Delta\theta_{em\_dim\_ch}} \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{req}(h); q_{resid}) \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \\ \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys\_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot q_{eff}(h)} \end{cases} \quad (855)$$

Sinon, si $id_{debit\_ch}(h) = 2$, alors, (réseau à débit constant et fonctionnement intermittent)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \Delta\theta_{em\_dim\_ch} \\ q_{req}(h) = q_{nom\_ch} \\ q_{eff}(h) = q_{nom\_ch} \\ Mod_{pertes}(h) = MIN(1; \frac{Q_{sys\_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot q_{nom\_ch} \cdot \Delta\theta_{em}(h)}) \end{cases} \quad (856)$$

Sinon, (réseau à débit constant et fonctionnement continu)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys\_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot q_{nom\_ch}} \\ q_{req}(h) = q_{nom\_ch} \\ q_{eff}(h) = q_{nom\_ch} \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \end{cases} \quad (857)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ \Delta\theta_{em}(h) = 0(^{\circ}C) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases} \quad (858)$$

8.7.3.3.2.4 Température de départ

La température du fluide en tout point de la branche de départ est considérée constante, égale à $\theta_{dep}(h)$. Du point de vue du calcul réglementaire, on considère comme infinie la puissance des émetteurs, et ce quelque soit la température d'eau chaude circulant dans les réseaux de distribution. La température de départ des réseaux est conventionnellement calculée à part selon un mode de régulation parmi les trois ci-dessous.

Les modes de gestion suivants sont pris en compte :

8.7.3.3.2.5 Cas $id_{gest\_ch}=1$: température de départ constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot \theta_{dep\_dim\_ch} + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad (859)$$

8.7.3.3.2.6 Cas $id_{gest\_ch}=2$: température de retour constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot (\theta_{ret\_dim\_ch} + \Delta\theta_{em}(h)) + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad (860)$$

8.7.3.3.2.6.1 Cas $id_{gest\_ch}=3$: modulation en fonction de la température extérieure

Lorsque le réseau est en fonctionnement, la température de départ moyenne sur le pas de temps est calculée en fonction de la température extérieure, selon le profil suivant :

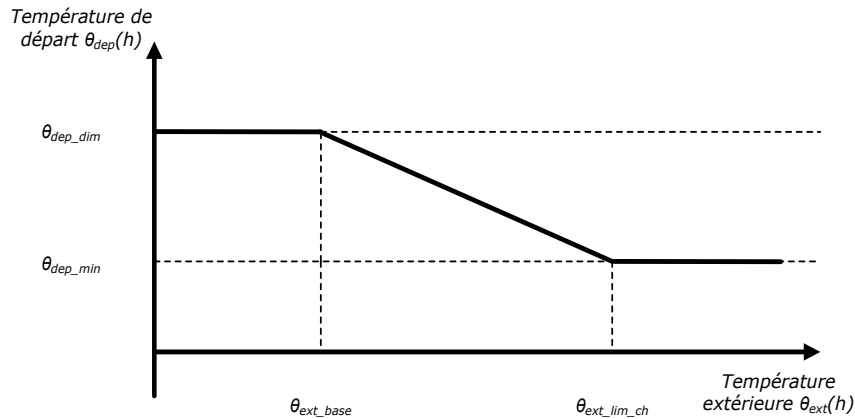


Figure 97 : Evolution de la température de départ en fonction de la température extérieure

L'algorithme correspondant est le suivant :

Si $\delta_{fonct}(h) = 1$, alors,

Si $\theta_{ext}(h) \geq \theta_{ext\_lim\_ch}$,

$$\theta_{dep}(h) = MAX(\theta_i(h) + \Delta\theta_{em}(h); \theta_{dep\_ch\_min})$$

Si $\theta_{ext}(h) \leq \theta_{ext\_base}$,

$$\theta_{dep}(h) = \theta_{dep\_dim\_ch}$$

Si $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext\_base}$ et $\theta_{ext}(h) < \theta_{ext\_lim\_ch}$,

(861)

$$\theta_{dep}(h) = MAX \left(\begin{array}{l} \theta_{i,moy}^{gr}(h) + \Delta\theta_{em}(h); \\ \theta_{dim\_ch} + \frac{\theta_{dep\_ch\_min} - \theta_{dep\_dim\_ch}}{\theta_{ext\_lim\_ch} - \theta_{ext\_base}} \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{ext\_base}) \end{array} \right)$$

Sinon,

$$\theta_{dep}(h) = \theta_{i,moy}^{gr}(h)$$

8.7.3.3.2.7 Gestion des circulateurs en chauffage

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable avec maintien de la pression différentielle constante, et à vitesse variable évoluant de manière à réduire la pression différentielle dans le réseau.

Note : Les circulateurs à vitesse variable ne sont pris en compte que dans le cadre d'un réseau à débit variable.

Si $id_{circ\_ch}=0$, alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0$$

Si $id_{circ\_ch}=1$, alors, (circulateurs à vitesse constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h)$$

Si $id_{circ\_ch}=2$, alors, (circulateurs à vitesse variable et maintien du réseau à pression différentielle constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_ch}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (862)$$

Si $id_{circ\_ch}=3$, alors, (circulateurs à vitesse variable évoluant de manière à réduire la pression différentielle dans le réseau)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(0.5 \frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_ch}} + 0.5 \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_ch}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}}$$

8.7.3.3.3 Réseau hydraulique de refroidissement (id_{type}=1, id_{fonction}=2)

8.7.3.3.3.1 Températures de dimensionnement

Les températures de dimensionnement sont saisies par l'utilisateur, ainsi que les écarts nominaux de températures entre branche départ et retour.

8.7.3.3.2 Indicateur de fonctionnement

Le fonctionnement des réseaux est asservi à la demande de refroidissement issue des émetteurs :

Si $Q_{sys\_fr}(h) < 0$ (Wh), alors, (réseau en fonctionnement)

$$\delta_{fonct}(h) = 1 \quad (863)$$

Sinon,

$$\delta_{fonct}(h) = 0$$

8.7.3.3.3 Débits requis et diminution de température de fluide suite au passage dans les émetteurs

Le calcul diffère selon les modes de gestion. On utilise toujours un bilan énergétique au niveau de l'émetteur, et on calcule les grandeurs inconnues à partir des grandeurs fixées par le mode de gestion.

Si $\delta_{fonct}(h) = 1$, alors, (réseau en demande)

Si $id_{debit\_fr}(h) = 3$, alors, (réseau à débit variable)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = \frac{Q_{sys\_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot \Delta\theta_{em\_dim\_fr}} \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{req}(h); q_{resid}) \\ \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys\_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot q_{eff}(h)} \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \end{cases} \quad (864)$$

Sinon, si $id_{debit\_fr}(h) = 2$, alors, (réseau à débit constant et fonctionnement intermittent)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \Delta\theta_{em\_dim\_fr} \\ q_{req}(h) = q_{nom\_fr} \\ q_{eff}(h) = q_{nom\_fr} \\ Mod_{pertes}(h) = MIN(1; \frac{Q_{sys\_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot q_{nom\_fr} \cdot \Delta\theta_{em}(h)}) \end{cases} \quad (865)$$

Sinon, (réseau à débit constant et fonctionnement continu)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys\_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p\_eau} \cdot q_{nom\_fr}} \\ q_{req}(h) = q_{nom\_fr} \\ q_{eff}(h) = q_{nom\_fr} \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \end{cases} \quad (866)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ \Delta\theta_{em}(h) = 0(^{\circ}C) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases} \quad (867)$$

8.7.3.3.4 Température de départ

La température du fluide en tout point de la branche de départ est considérée constante, égale à $\theta_{dep}(h)$.

Les modes de gestion suivants sont pris en compte :

8.7.3.3.5 Cas $id_{gest\_fr}=1$: température de départ constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot \theta_{dep\_dim\_fr} + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_i(h) \quad (868)$$

8.7.3.3.6 Cas $id_{gest\_fr}=2$: température de retour constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot (\theta_{ret\_dim\_fr} + \Delta\theta_{em}(h)) + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_i(h) \quad (869)$$

8.7.3.3.7 Gestion des circulateurs en refroidissement

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable avec maintien de la pression différentielle constante, et à vitesse variable évoluant de manière à réduire la pression différentielle dans le réseau.

Note : Les circulateurs à vitesse variable ne sont pris en compte que dans le cadre d'un réseau à débit variable.

Si $id_{circ\_fr}=0$, alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0$$

Si $id_{circ\_fr}=1$, alors, (circulateurs à vitesse constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h)$$

Si $id_{circ\_fr}=2$, alors, (circulateurs à vitesse variable et du réseau à une pression différentielle constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_fr}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (870)$$

Si $id_{circ\_fr}=3$, alors, (circulateurs à vitesse variable évoluant de manière à réduire la pression différentielle dans le réseau)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(0.5 \frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_fr}} + 0.5 \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_fr}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}}$$

8.7.3.3.4 Température de retour dans le réseau du groupe

Pour le calcul de la température sur la branche de retour du réseau du groupe, on considère conventionnellement que les émetteurs ne sont pas munis de by-pass.

De ce fait, la température de retour moyenne sur le pas de temps est égale à la température de départ moyenne ($\theta_{dep}(h)$) diminuée de la chute de température liée au transfert d'énergie à l'ambiance ($\Delta\theta_{em}(h)$).

Si $\delta_{fonct}(h) = 0$, alors,

$$\theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h) \text{ (réseau sans débit : } \theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h) = \theta_{i,moy}^{gr}(h) \text{)} \quad (871)$$

Sinon,

$$\theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h) - \Delta\theta_{em}(h)$$

8.8 C-Dist-Distribution de chauffage et de refroidissement du groupe

8.8.1 INTRODUCTION

La présente fiche décrit le calcul des pertes et des consommations de circulateurs pour un composant distribution du groupe de chaud ou de froid, sur la base des sorties de la gestion/régulation établie.

Un réseau de distribution du groupe correspond au deuxième niveau d'arborescence d'un réseau de distribution. Plusieurs réseaux de distribution du groupe peuvent être connectés à un même réseau de distributions intergroupes.

8.8.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 97 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h .	°C
E. tamp.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon (non-solarisé).	Réel
Systèmes d'émission	$\theta_{i,moy^{gr}}(h)$	Température de l'air intérieur moyenne dans le groupe au pas de temps h (après croisement).	°C
	$Q_{sys\_ch}^{em}(h)$	Energie requise de chauffage, transmise par l'émetteur em au réseau de distribution du groupe au pas de temps h .	Wh
	$Q_{sys\_fr}^{em}(h)$	Energie requise de refroidissement, transmise par l'émetteur em au réseau de distribution du groupe au pas de temps h .	Wh
Gestion/régulation du réseau de distribution du groupe	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion.	Réel
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation de la puissance des circulateurs en fonction de leur mode de gestion.	Réel
	$\theta_{dep}(h)$	Température du départ du réseau du groupe au pas de temps h .	°C
	$\theta_{ret}(h)$	Température du retour du réseau du groupe au pas de temps h .	°C

Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution du groupe : 1 : réseau pour le chauffage, 2 : réseau pour le refroidissement.	Entier	1	2	-
	L_{vc}	Longueur de réseau de distribution situé en volume chauffé.	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc}	Longueur de réseau de distribution situé hors volume chauffé.	m	0	$+\infty$	-

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres intrinsèques du réseau de distribution	id_{type}	Type de réseau de distribution du groupe : <i>0 : réseau de distribution fictif,</i> <i>1 : réseau de distribution hydraulique.</i>	Entier	0	1	-
	P_{aux_ch} ou P_{aux_fr}	Puissance du circulateur du réseau du groupe.	W	0	$+\infty$	-
	$U_{moyen\_vc\_ch}$ ou $U_{moyen\_vc\_fr}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau, sur sa fraction en volume chauffé.	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moyen\_hvc\_ch}$ ou $U_{moyen\_hvc\_fr}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau, sur sa fraction hors volume chauffé.	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	P_{circ_vc}	Part de la consommation électrique des circulateurs transmise à l'ambiance sous forme de chaleur.	W	0	$+\infty$	0.5

Sorties

	Nom	Description	Unité
Distrib intergr.	$Q_{sys\_ch}(h)$ ou $Q_{sys\_fr}(h)$	Besoin en énergie augmenté des pertes thermiques du réseau du groupe.	Wh
Cal. gr.	$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh
P. et c. récupérables	$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h.	Wh
	$\Phi_{pertes\_vc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution du groupe en volume chauffé.	Wh

Variables internes		
Nom	Description	Unité
$\Phi_{pertes\_hvc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution du groupe hors volume chauffé.	Wh
$\theta_{moy}(h)$	Température moyenne dans le réseau de distribution du groupe.	°C
$\theta_{hvc}(h)$	Température de l'air autour de la conduite hors volume chauffé.	°C

Tableau 97 : Nomenclature du modèle

8.8.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Selon les valeurs de id_{type} et $id_{fonction}$, se référer au chapitre cité pour la procédure utilisée.

id_{type}	$id_{fonction}$	Fonction du réseau	Processus appelé
0	/	Tous les cas	Voir 8.8.3.1
1	$id_{fonction} = 1$	Chauffage	Voir 8.8.3.2
	$id_{fonction} = 2$	Refroidissement	Voir 8.8.3.3

Tableau 98: Récapitulatif de l'appel des procédures

8.8.3.1 Réseau fictif ($id_{type}=0$)

L'absence de réseau du groupe physique correspond à l'introduction des systèmes sans circulation de fluide caloporteur, c'est-à-dire :

- L'ensemble des dispositifs de chauffage à effet joule : convecteur, radiateur...
- Les poêles et inserts,
- Les petits climatiseurs.

Dans ces configurations de systèmes, il n'y a pas physiquement de réseau de distribution. Le réseau est donc sans pertes et la demande d'énergie est transmise directement au réseau intergroupes.

Si $id_{fonction}=1$, alors (fonction chauffage)

$$Q_{sys\_ch}(h) = Q_{sys\_ch}^{em}(h)$$

$$Q_{sys\_fr}(h) = 0 \text{ (Wh)}$$

Sinon, (fonction refroidissement)

$$Q_{sys\_ch}(h) = 0 \text{ (Wh)}$$

$$Q_{sys\_fr}(h) = Q_{sys\_fr}^{em}(h)$$

(872)

Les consommations d'auxiliaires et pertes thermiques de distribution sont nulles.

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{aux}(h) = 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes\_vc}(h) = 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes\_hvc}(h) = 0 \text{ (Wh)} \end{array} \right. \quad (873)$$

8.8.3.2 Réseau hydraulique de chauffage ($id_{type}=0$, $id_{fonction}=1$)

8.8.3.2.1 Calcul des pertes du réseau de distribution du groupe

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (874)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\phi_{pertes\_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_vc\_ch} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{i,moy}^{gr}(h)) \quad (875)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_i(h) \quad (876)$$

$$\phi_{pertes\_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_hvc\_ch} \times L_{hvc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (877)$$

8.8.3.2.2 Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau du groupe dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau du groupe.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux\_ch}(.1h) \quad (878)$$

Conventionnellement, une part $P_{circ\_amb} = 50\%$ de l'énergie consommée par les circulateurs du réseau du groupe est transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\Phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (879)$$

8.8.3.2.3 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau du groupe

La demande en énergie du couple émetteur/réseau du groupe est finalement la suivante :

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch}(h) &= Q_{sys\_ch}^{em}(h) + \Phi_{pertes\_vc}(h) + \Phi_{pertes\_hvc}(h) \\ Q_{sys\_fr}(h) &= 0 (Wh) \end{aligned} \quad (880)$$

8.8.3.3

Réseau hydraulique de refroidissement ($id_{type}=0$, $id_{fonction}=2$)

8.8.3.3.1 Calcul des pertes du réseau de distribution du groupe

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (881)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\phi_{pertes\_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_vc\_fr} \times L_{vc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{i,moy}^{gr}(h)) \quad (882)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_i(h) \quad (883)$$

$$\phi_{pertes\_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_hvc\_fr} \times L_{hvc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (884)$$

8.8.3.3.2 Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau du groupe dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau du groupe.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux\_fr}(.1h) \quad (885)$$

Conventionnellement, une part $P_{circ\_amb} = 50\%$ de l'énergie consommée par les circulateurs du réseau du groupe est transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\Phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (886)$$

8.8.3.3.3 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau du groupe

La demande en énergie du couple émetteur/réseau du groupe est finalement la suivante :

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch}(h) &= 0 (Wh) \\ Q_{sys\_fr}(h) &= Q_{sys\_fr}^{em}(h) + \Phi_{pertes\_vc}(h) + \Phi_{pertes\_hvc}(h) \end{aligned} \quad (887)$$

8.9 C-DIST-Gestion/régulation des distributions intergroupes de chaud et de froid

8.9.1 INTRODUCTION

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir :

- En l'absence de conduite de distribution hydraulique, c'est-à-dire pour l'ensemble des systèmes sur air tels que les pompes à chaleur à détente directe, les convecteurs et radiateurs électriques et les poêles à bois, un composant distribution du groupe de type fictif est introduit, afin de lier la description des systèmes d'émissions et de génération.
- Un composant distribution du groupe (chauffage seul ou refroidissement seul) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction. Il en résulte que, de la même façon que les réseaux de distribution du groupe les réseaux intergroupes 2 tubes « réversible » (une seule conduite assurant chauffage et refroidissement en alternance selon les périodes) sont modélisés au travers d'une séparation virtuelle en un composant distribution de chauffage et un composant distribution de refroidissement.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution du groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis,
- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis,
- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis,
- Le coefficient d'intermittence est pris égal au maximum des coefficients d'intermittence des réseaux du groupe desservis.

8.9.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 99 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation. Les distributions des groupes seront désignées par l'exposant ds .

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
Emission	$Rat_{eff\_ch}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur em en chauffage, pour le groupe gr desservi par la distribution intergroupes. Ent
	$Rat_{eff\_fr}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur em en refroidissement, pour le groupe gr desservi par la distribution intergroupes. Ent
	$\theta_{i,moy}^{gr}(h)$	Température de l'air intérieur moyenne dans le groupe gr au pas de temps h (après croisement). °C
	$\theta_{air\_souffle}^{gr,s}(h)$	Température d'air soufflé en amont de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr . °C
	$q_{m,spec\_souffle}^{gr,s}(h)$	Débit massique d'air soufflé de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr . kg/s
Gestion/régulation distribution du groupe	$i_{relance}^{ds}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h , à transmettre au réseau de distribution intergroupes. Ent.
	$\delta_{onct}^{ds}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau du groupe : 0 : Le réseau du groupe ne débite pas, 1 : Le réseau du groupe débite. Entier
	$q_{eff}^{ds}(h)$	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage ou refroidissement. m³/h
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe ds , pour le chauffage ou le refroidissement. °C
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température du retour du réseau du groupe ds , pour le chauffage ou le refroidissement. °C
Distr. second.	$Q_{sys\_ch}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage. Wh
	$Q_{sys\_fr}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe ds en refroidissement. Wh

Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes : $1 : chauffage,$ $2 : refroidissement$	Entier	0	1	-	
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
Gestion des	id_{type} Type de réseau de distribution intergroupes : $0 : \text{réseau de distribution fictif},$ $1 : \text{réseau de distribution hydraulique collectif},$ $2 : \text{réseaux hydrauliques individuels uniquement}.$	Entier	0	2	-	
	$id_{v\_air}^{ds}$ Type de batterie associée à la distribution du groupe ds: $0 : \text{Batterie sur air du local},$ $1 : \text{Batterie sur air soufflé (en amont de la bouche de soufflage)}.$	Entier	0	1	-	
	id_{circ_ch} ou id_{circ_fr} Mode de régulation du circulateur : $0 : \text{Pas de circulateurs},$ $1 : \text{Vitesse constante},$ $2 : \text{Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle constante},$ $3 : \text{Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau}.$	Ent.	0	3	-	
	$\theta_{dep\_dim\_ch}^{ds}$ ou $\theta_{dep\_dim\_fr}^{ds}$ Température de départ de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$		
	$\theta_{ret\_dim\_ch}^{ds}$ ou $\theta_{ret\_dim\_fr}^{ds}$ Température de retour de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$		
Températures de	$\Delta\theta_{em\_dim\_ch}^{ds}$ ou $\Delta\theta_{em\_dim\_fr}^{ds}$ Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$		
	q_{resid}^{ds} Débit résiduel minimal dû à des circulateurs en régime de fonctionnement permanent.	m³/h	$-\infty$	$+\infty$	-	
Gestion/reg. du	$q_{nom\_ch}^{ds}$ ou $q_{nom\_fr}^{ds}$ Débit volumique nominal dans le réseau du groupe.	m³/h	$-\infty$	$+\infty$	-	
Sorties						
Nom	Description	Unité				
Assem U11111	θ_{max_ch} ou θ_{min_fr} Température maximale de la distribution intergroupes	°C				

$A_{dess\_ch}^{dp}$	Surface totale desservie en chaud par la distribution intergroupes.	m ²
$A_{dess\_fr}^{dp}$	Surface totale desservie en froid par la distribution intergroupes.	m ²
$Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp,gr}$	Ratio de la surface desservie dans le groupe gr sur la surface totale desservie par la distribution intergroupes, en chauffage.	Réel
$Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp,gr}$	Ratio de la surface desservie dans le groupe gr sur la surface totale desservie par la distribution intergroupes, en refroidissement.	Réel
$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h, à transmettre au générateur.	Ent.
$\theta_{i,aval,eq}(h)$	Température d'air équivalente vu par la distribution intergroupes.	°C
$Rat_{bes\_prim\_ch}^{dp,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe relié à un réseau intergroupes sur la somme de tous les besoins de chauffage du réseau intergroupes	Réel
$Rat_{bes\_prim\_fr}^{dp,gr}(h)$	Ratio des besoins de refroidissement d'un groupe relié à un réseau intergroupes sur la somme de tous les besoins de refroidissement du réseau intergroupes	Réel
$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes thermiques du réseau.	Réel
$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des puissances de circulateur issu de la fiche gestion et régulation, pour le réseau intergroupes.	Réel
$\delta_{fonct}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau intergroupes : <i>0 : Le réseau intergroupes ne débite pas,</i> <i>1 : Le réseau intergroupes débite.</i>	Entier
$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C
$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C
$Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)$	Energie de chauffage totale requise en entrée du réseau intergroupes.	Wh
$Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h)$	Energie de refroidissement totale requise en entrée du réseau intergroupes.	Wh

P. et c.

$Rat_{surf}^{dp,gr}$

Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par le réseau de distribution intergroupes

Réel

Variables internes

Nom	Description	Unité
$q_{tot\_req}(h)$	Débit total requis par les réseaux de distributions du groupe.	m ³ /h
$q_{eff}(h)$	Débit volumique dans le réseau de distribution intergroupes au pas de temps h.	m ³ /h
q_{nom_ch} ou q_{nom_fr}	Débit nominal du réseau intergroupes.	m ³ /h
q_{resid}	Débit résiduel du réseau intergroupes.	m ³ /h

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
θ_{amb_ch}	Température d'ambiance intérieure conventionnelle pour le calcul des déperditions du réseau intergroupes lorsqu'il fonctionne en chauffage.	°C	20
θ_{amb_fr}	Température d'ambiance intérieure conventionnelle pour le calcul des déperditions du réseau intergroupes lorsqu'il fonctionne en refroidissement.	°C	26

Tableau 99 : Nomenclature du modèle

8.9.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.9.3.1 Lien avec la programmation

Le réseau est considéré en relance lorsqu'au moins l'un des groupes connectés est en période de relance.

$$i_{relance}(h) = MAX (i_{relance}^{ds}(h))_{ds \rightarrow dp} \quad (888)$$

8.9.3.2 Total d'énergie requise dans la distribution intergroupes

L'énergie totale en entrée du réseau de distribution intergroupes est la somme des besoins augmentés des pertes pour chaque réseau de distribution du groupe :

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) &= \sum_{ds \rightarrow dp} Q_{sys\_ch}^{ds}(h) \\ Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h) &= \sum_{ds \rightarrow dp} Q_{sys\_fr}^{ds}(h) \end{aligned} \quad (889)$$

8.9.3.3 Calcul des ratios et surfaces desservies

La surface desservie par le réseau de distribution intergroupes est la somme des surfaces desservies par chacun des émetteurs en chauffage et en refroidissement :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } id_{fonction} = 1, \left\{ \begin{array}{l} A_{dess\_ch}^{dp} = \sum_{gr \leftarrow dp} [(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff\_ch}^{gr,em}) \times A^{gr}] \\ A_{dess\_fr}^{dp} = 0 \end{array} \right. \\ \text{Si } id_{fonction} = 2, \left\{ \begin{array}{l} A_{dess\_ch}^{dp} = 0 \\ A_{dess\_fr}^{dp} = \sum_{gr \leftarrow dp} [(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff\_fr}^{gr,em}) \times A^{gr}] \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (890)$$

Pour un réseau intergroupes de chauffage ($id_{fonction} = 1$) :

$$\left\{ \begin{array}{l} Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp,gr} = \frac{(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff\_ch}^{gr,em}) \times A^{gr}}{A_{dess\_ch}^{dp}} \\ Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp,gr} = 0 \end{array} \right. \quad (891)$$

$$Rat_{surf}^{dp,gr} = Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp,gr}$$

Pour un réseau intergroupes de refroidissement ($id_{fonction} = 2$) :

$$\left\{ \begin{array}{l} Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp,gr} = 0 \\ Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp,gr} = \frac{(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff\_fr}^{gr,em}) \times A^{gr}}{A_{dess\_fr}^{dp}} \end{array} \right. \quad (892)$$

$$Rat_{surf}^{dp,gr} = Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp,gr}$$

8.9.3.4 *Calcul horaires des ratios de demande en chauffage et refroidissement*

Les ratios de consommations expriment la part de chacun des groupes dans le total d'énergie requis dans le réseau de distribution intergroupes.

En l'absence de besoins de chaud ($Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)=0$) ou de froid ($Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h)=0$), on répartit les consommations résiduelles au prorata des surfaces desservie dans chaque groupe.

Pour un réseau intergroupes de chauffage ($id_{fonction} = 1$) :

$$Rat_{bes\_prim\_fr}^{dp,gr}(h) = 0$$

Si $Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes\_prim\_ch}^{dp,gr}(h) = \frac{\sum_{\substack{ds \in gr \\ ds \rightarrow dp}} Q_{sys\_ch}^{ds}(h)}{Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)} \quad (893)$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_prim\_ch}^{dp,gr}(h) = Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp,gr}$$

Pour un réseau intergroupes de refroidissement ($id_{fonction} = 2$) :

$$Rat_{bes\_prim\_ch}^{dp,gr}(h) = 0$$

Si $Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h) < 0$, alors,

$$Rat_{bes\_prim\_fr}^{dp,gr}(h) = \frac{\sum_{\substack{ds \in gr \\ ds \rightarrow dp}} Q_{sys\_fr}^{ds}(h)}{Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h)} \quad (894)$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_prim\_fr}^{dp,gr}(h) = Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp,gr}$$

8.9.3.5 Description des processus de calculs

Selon les valeurs de id_{type} et $id_{fonction}$, se référer au chapitre cité pour la procédure utilisée.

id_{type}	id_{fonct_ch}	Fonction du réseau	Processus appelé
0	/	Tous les cas	Voir 8.9.3.5.1
1 ou 2	$id_{fonction} = 1$	Hydraulique chauffage	Voir 8.9.3.5.2
	$id_{fonction} = 2$	Hydraulique refroidissement	Voir 8.9.3.5.3

Tableau 100: Récapitulatif de l'appel des procédures

Note : pour une installation avec réseau hydraulique, mais ne comprenant pas de branche intergroupes (chauffage individuel, par exemple), le composant distribution intergroupes est défini comme hydraulique avec une longueur nulle et sans circulateurs.

8.9.3.5.1 Distribution fictive ($id_{type} = 0$)

L'absence de réseau du groupe physique correspond à l'introduction des systèmes sans circulation de fluide caloporteur, c'est-à-dire entre autres :

- L'ensemble des dispositifs de chauffage à effet joule : convecteur, radiateur...
- Les poêles et inserts,
- Les petits climatiseurs,
- Les batteries terminales des centrales de traitement d'air.

Les données de sortie pour la cohérence de montage sont les suivantes :

$$\theta_{\max\_ch} = 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (895)$$

$$\theta_{\min\_fr} = 100 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (896)$$

Les données de sorties horaires sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \theta_{dep}(h) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\ \theta_{ret}(h) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\ Mod_{pertes}(h) &= 0 \\ Mod_{circ}(h) &= 0 \\ q_{eff}(h) &= 0 \text{ (m}^3\text{/h)} \\ \delta_{fonct}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (897)$$

On admettra que l'ensemble des batteries et émetteurs connectées à un réseau de distribution intergroupes fictif sont soit toutes des batteries sur l'air ambiant du local ($id_{v\_air}^{ds} = 0$), soit toutes des batteries sur air soufflé ($id_{v\_air}^{ds} = 1$, en amont des bouches de soufflage). On calcule une température d'air équivalente vue par la ou les batteries permettant d'alimenter la modélisation des générateurs sur air dans la génération.

Quelque soit la distribution du groupe ds , $id_{v\_air}^{ds} = 0$: cas d'une ou plusieurs batteries sur l'air ambiant du local :

La température vue par la batterie équivalente est la moyenne des températures d'air des groupes pondérée par leurs surfaces utiles respectives.

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \sum_{gr \leftarrow dp} Rat_{surf}^{dp,gr} \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad (898)$$

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \sum_{gr \leftarrow dp} Rat_{surf}^{dp,gr} \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad ({}^{\circ}\text{C)}$$

Quelque soit la distribution du groupe ds , $id_{v\_air}^{ds}=1$: cas d'une ou plusieurs batteries sur air soufflé (en amont des bouches de soufflage) :
La température vue par la batterie équivalente est la moyenne des températures d'air soufflées par les débits de soufflage respectifs.

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \frac{\sum_{\{gr,s \rightarrow dp\}} q_{m,spec\_souffle}^{gr,s}(h) \cdot \theta_{air\_souffle}^{gr,s}(h)}{\sum_{\{gr,s \rightarrow dp\}} q_{m,spec\_souffle}^{gr,s}(h)} \quad (^\circ C) \quad (899)$$

Note : si la somme des débits de soufflage $\sum_{\{gr,s \rightarrow dp\}} q_{m,spec\_souffle}^{gr,s}(h)$ est nulle,

$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h)$ prendra la valeur moyenne d'air ambiant des groupes connectés :

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \sum_{gr \leftarrow dp} Rat_{surf}^{dp,gr} \theta_{i,moy}^{gr}(h).$$

8.9.3.5.2 Réseau hydraulique de chauffage (id_{type} =1, id_{fonction} =1)

8.9.3.5.2.1 Caractéristiques de dimensionnement

La vérification de la compatibilité de la génération en termes de températures de dimensionnement impose de connaître les températures extrêmes sollicitées par les réseaux du groupe. Si la génération ne peut pas les atteindre, le montage est jugé incorrect.

Dans le cas où le réseau est à température de départ constante ou à régulation sur la température de départ, la référence est la température de départ. Dans le cas d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\theta_{\max\_ch} = \underset{ds \in dp}{MAX} \left(\theta_{dep\_dim\_ch}^{ds} - \frac{\Delta \theta_{em\_dim\_ch}^{ds}}{2}; \theta_{ret\_dim\_ch}^{ds} + \frac{\Delta \theta_{em\_dim\_ch}^{ds}}{2} \right) \quad (900)$$

$$\theta_{\min\_fr} = 100 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (901)$$

Le débit résiduel correspond au débit minimum en fonctionnement :

$$q_{nom\_ch} = \sum_{ds \in dp} q_{nom\_ch}^{ds} \quad (902)$$

$$q_{resid} = \sum_{ds \in dp} q_{resid}^{ds} \quad (903)$$

8.9.3.5.2.2 Caractérisation horaire du réseau de distribution en fonction du mode de gestion

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$\delta_{fonct}(h) = \underset{ds \in dp}{MAX} (\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (904)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \underset{ds \in dp}{MIN} (\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ q_{tot\_req}(h) = \sum_{ds \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = \underset{ds \in dp}{MAX} (q_{tot\_req}(h); q_{resid}) \end{cases}$$

Cas id_{type} =1 (réseau de distribution hydraulique collectif)

$$Mod_{pertes}(h) = 1$$

Cas id_{type} =2 (réseaux hydrauliques individuels uniquement)

$$Mod_{pertes}(h) = 0$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb\_ch} \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot\_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases}$$

$$\delta_{fonct}(h) = MAX_{ds, \in dp} (\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (906)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = MAX_{ds, \in dp} (\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ Mod_{pertes}(h) = MAX_{ds, \in dp} (Mod_{pertes}^{ds}(h)) \\ q_{tot\_req}(h) = \sum_{ds, \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{tot\_req}(h); q_{resid}) \end{array} \right. \quad (907)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb\_ch} \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot\_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{array} \right.$$

8.9.3.5.2.3 Gestion des circulateurs en chauffage

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

Si $id_{circ\_ch}=0$, alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0$$

Si $id_{circ\_ch}=1$, alors, (circulateurs à vitesse constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h)$$

Si $id_{circ\_ch}=2$, alors, (circulateurs à vitesse variable et du réseau à une pression différentielle constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_ch}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (908)$$

Si $id_{circ\_ch}=3$, alors, (circulateurs à vitesse variable et variation de la pression différentielle du réseau)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(0.5 \frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_ch}} + 0.5 \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_ch}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}}$$

8.9.3.5.3 Réseau hydraulique de refroidissement (id_{type} =1, id_{fonction} =2)

8.9.3.5.3.1 Caractéristiques de dimensionnement

La vérification de la compatibilité de la génération en termes de températures de dimensionnement impose de connaître les températures extrêmes sollicitées par les réseaux du groupe. Si la génération ne peut pas les atteindre, le montage est jugé incorrect.

Dans le cas où le réseau est à température de départ constante, la référence est la température de départ. Dans le cas d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\theta_{\max\_ch} = 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (909)$$

$$\theta_{\min,fr} = \min_{ds \in dp} \left(\theta_{dep,dim,fr}^{ds} + \frac{\Delta\theta_{em,dim,fr}^{ds}}{2}; \theta_{ret,dim,fr}^{ds} - \frac{\Delta\theta_{em,dim,fr}^{ds}}{2} \right) \quad (910)$$

Note : $\Delta\theta_{em\_dim\_fr}^{ds}$ a une valeur négative.

Les débits résiduels et nominaux sont conventionnellement pris égaux à la somme des débits résiduels et nominaux des réseaux du groupe :

$$q_{nom\_fr} = \sum_{ds \in dp} q_{nom\_fr}^{ds} \quad (911)$$

$$q_{resid} = \sum_{ds \in dp} q_{resid}^{ds} \quad (912)$$

8.9.3.5.3.2 Caractérisation horaire du réseau de distribution en fonction du mode de gestion

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$\delta_{fonct}(h) = \max_{ds \in dp} (\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (913)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \min_{ds \in dp} (\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ q_{tot\_req}(h) = \sum_{ds \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = \max(q_{tot\_req}(h); q_{resid}) \end{cases} \quad (914)$$

Cas id_{type} =1 (réseau de distribution hydraulique collectif)

$$Mod_{pertes}(h) = 1$$

Cas id_{type} =2 (réseau hydraulique individuels uniquement)

$$Mod_{pertes}(h) = 0$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb\_fr}(h) \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot\_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{array} \right.$$

$$\delta_{fonct}(h) = MAX_{ds, \in dp} (\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (915)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = MIN_{ds, \in dp} (\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ Mod_{pertes}(h) = MAX_{ds, \in dp} (Mod_{pertes}^{ds}(h)) \\ q_{tot\_req}(h) = \sum_{ds, \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{tot\_req}(h); q_{resid}) \end{array} \right. \quad (916)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb\_fr}(h) \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot\_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{array} \right.$$

8.9.3.5.3 Gestion des circulateurs en refroidissement

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

Cas $id\_type = 2$ (réseau hydraulique individuels uniquement)

$$Mod_{circ}(h) = 0$$

Cas $id\_type = 1$ (réseau de distribution hydraulique collectif)

Si $id_{circ\_fr} = 0$, alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0$$

Si $id_{circ\_fr} = 1$, alors, (circulateurs à vitesse constante)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h)$$

Si $id_{circ\_fr} = 2$, alors, (circulateurs à vitesse variable et du réseau à une pression différentielle constante) (917)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_fr}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Si $id_{circ\_fr} = 3$, alors, (circulateurs à vitesse variable et variation de la pression différentielle du réseau)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(0.5 \frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_fr}} + 0.5 \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom\_fr}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}}$$

8.9.3.5.4 Calcul des températures retour et moyenne du réseau intergroupes

La température de retour du réseau intergroupes est conventionnellement prise égale à la moyenne pondérée par les débits massiques des températures de retour des différents réseaux du groupe desservis par le réseau intergroupes. Dans le cas où le débit devient inférieur au débit résiduel, on considère qu'une partie de l'eau est transmise directement au travers d'un circuit de décharge à la branche retour.

Si $\delta_{fonct}(h) = 0$, alors,

$$\theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h)$$

Sinon,

$$\theta_{ret}(h) = \frac{\sum_{ds \in dp} (q_{eff}^{ds}(h) \cdot \theta_{ret}^{ds}(h)) + MAX(0; q_{resid} - q_{tot\_req}(h)) \times \theta_{dep}(h)}{q_{eff}(h)} \quad (918)$$

8.10 C-Dist-Distribution intergroupes de chaud et de froid

8.10.1 INTRODUCTION

La présente fiche décrit les processus ayant lieu au niveau d'un composant distribution intergroupes de chaud et de froid, défini au niveau d'une génération.

Un réseau de distribution intergroupes correspond au premier niveau d'arborescence d'un réseau de distribution, en partant du générateur. Un composant distribution intergroupes doit obligatoirement être relié à une et une seule génération, et à au moins un réseau de distribution secondaire.

Plusieurs réseaux de distribution secondaires peuvent être connectés à un même réseau de distribution intergroupes.

8.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 101 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Gestion/régulation du réseau intergroupes	Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h.	°C		
	E.tam	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel		
		$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion.	Réel		
		$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations de circulateur issu de la fiche gestion/régulation.	Réel		
		$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C		
		$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C		
		$Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)$	Energie de chauffage totale requise en entrée du réseau intergroupes.	Wh		
		$Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h)$	Energie de refroidissement totale requise en entrée du réseau intergroupes.	Wh		
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	L_{vc}	Longueur de réseau de distribution intergroupes situé en volume chauffé.	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc}	Longueur de réseau de distribution intergroupes situé hors volume chauffé.	m	0	$+\infty$	-
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes : 1 : <i>chauffage</i> , 2 : <i>refroidissement</i>	Entier	0	1	-

θ_{vc_ch}	Température ambiante équivalente en volume chauffée lorsque le réseau intergroupes est sollicité en chauffage.	°C	-	-	20
θ_{vc_fr}	Température ambiante équivalente en volume chauffée lorsque le réseau intergroupes est sollicité en refroidissement.	°C	-	-	26

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Puissances de	id_{type} Type de réseau de distribution secondaire : <i>0 : réseau de distribution fictif,</i> <i>1 : réseau de distribution hydraulique.</i>	Entier	0	1	-
	P_{aux_ch} Puissance du circulateur du réseau intergroupes en chauffage.	W	0	$+\infty$	-
	P_{aux_fr} Puissance du circulateur du réseau intergroupes en refroidissement.	W	0	$+\infty$	-
	P_{circ_vc} Part des consommations d'auxiliaires transmise au volume chauffé sous forme de chaleur.	Réel	0	1	0
Coefficients d'échanges du réseau intergroupes	$U_{moy\_vc\_ch}$ Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le chauffage, sur sa fraction en volume chauffé.	W/(m. K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_hvc\_ch}$ Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le chauffage, sur sa fraction hors volume chauffé.	W/(m. K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_vc\_fr}$ Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le refroidissement, sur sa fraction en volume chauffé.	W/(m. K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_hvc\_fr}$ Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le refroidissement, sur sa fraction hors volume chauffé.	W/(m. K)	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Génération	$\theta_{moy}(h)$ Température moyenne dans le réseau intergroupes, qui va permettre de déterminer le comportement du générateur.	°C
	$Q_{sys\_ch}(h)$ Besoin en énergie de chauffage augmenté des pertes thermiques du réseau intergroupes.	Wh

Cal. gr. P. et c. récupérables	$Q_{sys\_fr}(h)$	Besoin en énergie de refroidissement augmenté des pertes thermiques du réseau intergroupes.	Wh
	$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution intergroupe au pas de temps h.	Wh
	$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h.	Wh
	$\Phi_{pertes\_vc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupes en volume chauffé.	Wh
Variables internes			
	Nom	Description	Unité
	$\theta_{vc}(h)$	Température ambiante équivalente autour de la conduite en volume chauffé.	°C
	$\theta_{hvc}(h)$	Température ambiante équivalente autour de la conduite hors volume chauffé.	°C
	$\Phi_{pertes\_hvc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupes hors volume chauffé.	Wh

Tableau 101 : Nomenclature du modèle

8.10.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Selon les valeurs de id_{type} et $id_{fonction}$, se référer au chapitre cité pour la procédure utilisée.

id_{type}	$id_{fonction}$	Fonction du réseau	Processus appelé
0	/	Tous les cas	Voir 8.10.3.1
1	$id_{fonction} = 1$	Chauffage uniquement	Voir 8.10.3.2
	$id_{fonction} = 2$	Refroidissement uniquement	Voir 8.10.3.3

Tableau 102: Récapitulatif de l'appel des procédures

Note : pour une installation avec réseau hydraulique, mais ne comprenant pas de branche intergroupe (chauffage individuel, par exemple), la distribution fictive n'est pas valable.

8.10.3.1 Réseau de distribution intergroupes fictif ($id_{type}=0$)

L'absence de réseau intergroupes hydraulique correspond à l'introduction de systèmes fonctionnant directement sur l'air ambiant. Le cas des réseaux associés à des générateurs de préchauffage ou préréfroidissement est traité dans les réseaux de CTA.

- L'ensemble des dispositifs de chauffage à effet joule : convecteur, radiateur...
- Les poêles et inserts,
- Les petits climatiseurs.

Dans ces configurations de systèmes, il n'y a pas physiquement de réseau de distribution. Le réseau est donc sans pertes et la demande d'énergie est transmise directement à la génération.

Si $id_{fonction} = 1$, alors (fonction chauffage)

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch}(h) &= Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) \\ Q_{sys\_fr}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \end{aligned} \quad (919)$$

Sinon, (fonction refroidissement)

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ Q_{sys\_fr}(h) &= Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h) \end{aligned}$$

Les consommations d'auxiliaires et pertes thermiques de distribution sont nulles.

$$\begin{aligned} W_{aux}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes\_vc}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes\_hvc}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ \theta_{moy}(h) &= 0 \text{ (°C)} \\ \Phi_{aux\_vc}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \end{aligned} \quad (920)$$

8.10.3.2 Réseau hydraulique de chauffage ($id_{type}=1$, $id_{fonction}=1$)

8.10.3.2.1 Calcul des pertes du réseau de distribution intergroupes

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (921)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc\_ch} \quad (922)$$

$$\phi_{pertes\_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_vc\_ch} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \quad (923)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (924)$$

$$\phi_{pertes\_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_hvc\_ch} \times L_{hvc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (925)$$

8.10.3.2.2 Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau secondaire dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau secondaire.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux\_ch}(.1h) \quad (926)$$

Conventionnellement, on considère que $P_{circ\_vc} = 0\%$: l'énergie consommée par les circulateurs du réseau intergroupes n'est pas transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\Phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (927)$$

8.10.3.2.3 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie du couple émetteur/réseau secondaire est finalement la suivante :

$$Q_{sys\_ch}(h) = Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) + \phi_{pertes\_vc}(h) + \phi_{pertes\_hvc}(h) \quad (928)$$

$$Q_{sys\_fr}(h) = 0 (Wh)$$

8.10.3.3 Réseau hydraulique de refroidissement ($id_{type}=1$, $id_{fonction}=2$)

8.10.3.3.1 Calcul des pertes du réseau de distribution intergroupes

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (929)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc\_fr} \quad (930)$$

$$\phi_{pertes\_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_vc\_fr} \times L_{vc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \quad (931)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (932)$$

$$\phi_{pertes\_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_hvc\_fr} \times L_{hvc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (933)$$

8.10.3.3.2 Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau secondaire dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau secondaire.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux\_fr} (.1h) \quad (934)$$

Conventionnellement, on considère que $P_{circ\_vc} = 0\%$: l'énergie consommée par les circulateurs du réseau intergroupes n'est pas transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\Phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (935)$$

8.10.3.3.3 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie du couple émetteur/réseau secondaire est finalement la suivante :

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch}(h) &= 0 (Wh) \\ Q_{sys\_fr}(h) &= Q_{sys\_ds\_req\_fr}(h) + \phi_{pertes\_vc}(h) + \phi_{pertes\_hvc}(h) \end{aligned} \quad (936)$$

8.11 C-Dist-Gestion/régulation des réseaux de distribution des CTA

8.11.1 INTRODUCTION

Un réseau de distribution de CTA est un réseau intergroupes reliant un composant CTA (niveau zone) à un composant génération (niveau du projet).

La fiche gestion/régulation des distributions des CTA alimente la fiche composant distribution des CTA avec toutes les données nécessaires au calcul des pertes.

Elle peut permettre de modéliser des réseaux hydrauliques de chauffage et de refroidissement, ou tout simplement de modéliser un lien avec une génération directe (batterie à effet joule ou PAC à détente directe) au travers d'un réseau fictif.

Dans le cas d'un réseau hydraulique, les données suivantes sont calculées :

- Température de départ et température de retour d'eau,
- Débit volumique,
- Réduction de pertes liée à un fonctionnement intermittent,
- Coefficient de régulation des circulateurs.

La régulation de la puissance à fournir peut avoir lieu soit sur le débit (débit variable), soit sur l'écart de température départ/retour (débit constant), soit sur l'intermittence (système en tout ou rien).

On considère qu'en parallèle le système opère un contrôle sur la température en un point du réseau : température de départ constante, température de retour constante, ou température de départ fonction des conditions extérieures (en chauffage uniquement).

8.11.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 103 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

L'exposant $dCTA$ représente le réseau de distribution de la CTA. L'exposant CTA représente la CTA elle-même.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Env. ext.	θ_{ext_base}	Température extérieure de base pour la zone géographique et l'altitude du projet.	°C			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h .	°C			
Groupe	$i_{relance}^{gr}(h)$	Indicateur de période de relance d'un groupe connecté à la CTA au pas de temps h .	Ent.			
CTA	$Q_{chaud,ag}^{CTA}(h)$	Consommation d'énergie pour la sécurité antigel de la CTA.	Wh			
	$Q_{prechaud}^{CTA}(h)$	Consommation d'énergie due au préchauffage de la CTA.	Wh			
	$Q_{chaud\_rec}^{CTA}(h)$	Consommation d'énergie due au préchauffage des CTA à charge variable.	Wh			
	$Q_{prefroid}^{CTA}(h)$	Consommation d'énergie due au prérefroidissement de la CTA.	Wh			
	$Q_{froid\_rec}^{CTA}(h)$	Consommation d'énergie due au prérefroidissement des CTA à charge variable.	Wh			
	$Q_{chaudHR}^{CTA}(h)$	Consommation de chaud liée à l'humidification.	Wh			
	$\theta_{souf,mel}(h)$	Température de l'air après la boîte de mélange.	°C			
Système de ventilation	$\theta_{AN^S}(h)$	Température de l'air neuf vu par le système de ventilation S (la CTA ou la VMC DF).	°C			
	$q_{spec\_souffle}^{gr,s}(h)$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe gr par le système S	m ³ /h			
	$q_{souffle,max}^{gr,s}$	Débit soufflé maximum au niveau du groupe gr par le système DAC S .	m ³ /h			
	$q_{souffle,CH,max}^{gr,s}$	Débit soufflé maximum au niveau du groupe gr par le système DAV S .	m ³ /h			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Indicat	A^{gr}	Surface utile du groupe gr desservi par la CTA.	m ²	0	$+\infty$	-
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution du groupe : 1 : <i>chauffage</i> 2 : <i>refroidissement</i>	Ent.	0	1	-
	$id_{prechaud}$	Indicateur de réseau de préchauffage.	Bool	0	1	-
	$id_{antigel}$	Indicateur de réseau associé à l'antigel.	Bool	0	1	-

$id_{chaudHR}$	Indicateur de réseau associé à l'humidification.	Bool	0	1	-
$id_{prefroid}$	Indicateur de réseau de prérefroidissement.	Bool	0	1	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Gestion du réseau de distribution	id_{type} Type de réseau de distribution de CTA : 0 : réseau de distribution fictif, 1 : réseau de distribution hydraulique.	Entier	0	1	-
	id_{debit_ch} ou id_{debit_fr} Mode de régulation de fonctionnement : 1 : Régulation à débit constant et fonctionnement continu, 2 : Régulation à débit constant et fonctionnement intermittent, 3 : Régulation à débit variable.	Ent	1	3	-
	id_{gest_ch} ou id_{gest_fr} Mode de régulation de la température du réseau de CTA : 1 : température de départ constante, 2 : température de retour constante, 3 : modulation en fonction de la température extérieure,	Ent	1	3	-
	$\theta_{ext\_lim\_ch}$ Limite de température extérieure au-delà de laquelle la température de départ adopte sa valeur minimale, en chauffage.	°C	-	-	15
	$\theta_{dep\_ch\_min}$ Valeur minimale de température de départ du réseau de CTA en chauffage en fonctionnement.	°C	-	-	20
	$\theta_{dep\_dim\_ch}$ ou $\theta_{dep\_dim\_fr}$ Température de départ de dimensionnement, pour une régulation à température de départ constante ou modulée en fonction de la température extérieure (chauffage).	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Températures et débits de dimensionnement	$\theta_{ret\_dim\_ch}$ ou $\theta_{ret\_dim\_fr}$ Température de départ de dimensionnement en chauffage, pour une régulation à température de retour constante.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$\Delta\theta_{em\_dim\_ch}$ ou $\Delta\theta_{em\_dim\_fr}$ Différence nominale de température dans le réseau de distribution de CTA entre départ et retour, liée au dimensionnement en chauffage.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	q_{resid} Débit résiduel minimal dû à des circulateurs en régime de fonctionnement permanent.	m ³ /h	$-\infty$	$+\infty$	-
	q_{nom_ch} ou q_{nom_fr} Débit volumique nominal dans le réseau de CTA.	m ³ /h	$-\infty$	$+\infty$	-
Gestion des	id_{circ_ch} ou id_{circ_fr} Mode de régulation du circulateur du réseau de CTA : 0 : Pas de circulateur, 1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle constante, 3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau.	Ent.	-1	3	-

Sorties			
Nom	Description	Unité	
P. et c. génération	$Rat_{surf}^{dCTA,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par le réseau de distribution de CTA.	Réel
	$Q_{sys\_ch}(h)$	Energie requise de chauffage, transmise par la CTA au réseau de distribution.	Wh
Réseau de distribution de la CTA	$Q_{sys\_fr}(h)$	Energie requise de refroidissement, transmise par la CTA au réseau de distribution.	Wh
	$\theta_{dep}(h)$	Température du départ du réseau de CTA au pas de temps h .	°C
	$\theta_{ret}(h)$	Température du retour du réseau de CTA au pas de temps h .	°C
	$q_{eff}(h)$	Débit volumique effectif total dans le réseau de CTA.	m ³ /h
	$\delta_{fonct}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau: <i>0 : Le réseau de CTA ne débite pas,</i> <i>1 : Le réseau de CTA débite.</i>	Bool
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion.	Réel
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation de la puissance des circulateurs en fonction de leur mode de gestion.	Réel
	A_{dess_ch}	Surface totale desservie en chaud par la distribution de CTA.	m ²
	A_{dess_fr}	Surface totale desservie en froid par la distribution de CTA.	m ²
	θ_{max_ch}	Température maximale de la distribution de CTA en chauffage.	°C
Assemblage génération	θ_{min_fr}	Température minimale de la distribution de CTA en refroidissement	°C
	$Rat_{bes\_ch}^{dCTA,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe relié au réseau de CTA sur la somme de tous les besoins de chauffage du réseau de CTA.	Réel
	$Rat_{bes\_fr}^{dCTA,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe relié au réseau de CTA sur la somme de tous les besoins de chauffage du réseau de CTA.	Réel
	$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h , à transmettre à la génération.	Ent.
	$\theta_{i,aval,eq}(h)$	Température d'air équivalente vu par les batteries de préchauffage, prérefroidissement et humidification de la CTA.	°C
Variables internes			

Nom	Description	Unité
$Rat_{dess}^{CTA,gr}$	Ratio de la surface desservie du groupe gr sur la surface totale desservie par la CTA.	Réel
$id_{fonction\_ch}$	Fonction de chauffage du réseau de distribution de la CTA.	Bool
$id_{fonction\_fr}$	Fonction de refroidissement du réseau de distribution de la CTA.	Bool
$q_{req}(h)$	Débit volumique requis pour fournir l'énergie au groupe au pas de temps h.	m ³ /h
$\Delta\theta_{em}(h)$	Ecart de température dans le réseau de CTA entre départ et retour.	°C

Constantes

Nom		Description	Unité	Conv.
Propriétés de l'eau	ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau liquide dans les conditions standards de pression et de température (P = 1atm, T=20°C).	kg/m³	998
	C_{p_eau}	Capacité thermique massique de l'eau liquide dans les conditions standards de pression et de température (P = 1atm, T=20°C).	Wh/(kg.°C)	1.163

Tableau 103 : Nomenclature du modèle

8.11.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.11.3.1 Cohérence du montage

Une CTA réalisant le préchauffage, l'antigel ou l'humidification doit être au moins liée à un réseau de distribution de CTA comprenant ces fonctions. Une CTA n'accepte qu'un seul réseau pour chacune de ces fonctions, un réseau pouvant en regrouper plusieurs.

Une CTA n'accepte qu'un seul réseau de prérefroidissement.

Pour vérifier la cohérence du lien entre le réseau de CTA et la génération, on détermine les indicateurs suivants :

$$\begin{cases} id_{fonction\_ch} = MAX(id_{prechaud}, id_{antigel}, id_{chaudHR}) \\ id_{fonction\_fr} = id_{prefroid} \end{cases} \quad (937)$$

8.11.3.2 Lien avec la programmation

Le réseau est considéré en relance lorsqu'au moins l'un des groupes connectés à la CTA est en période de relance.

$$i_{relance}(h) = MAX(i_{relance}^{gr}(h))_{gr \leftarrow CTA} \quad (938)$$

8.11.3.3 Demande de chauffage et de refroidissement dans le réseau

La demande de chauffage totale du réseau est la somme des demandes de préchauffage, d'antigel et d'humidification, si elles sont assurées par le réseau :

Système double flux (sans recyclage) et CTA DAC

$$\begin{cases} Q_{sys\_ch}(h) = id_{prechaud} \cdot Q_{prechaud}(h) + id_{antigel} \cdot Q_{antigel}(h) + id_{chaudHR} \cdot Q_{chaudHR}(h) \\ Q_{sys\_fr}(h) = id_{prefroid} \cdot Q_{prefroid}(h) \end{cases} \quad (939)$$

CTA DAC-TV et DAV :

$$\begin{cases} Q_{sys\_ch}(h) = id_{prechaud} \cdot Q_{Chaud(rec)}(h) + id_{antigel} \cdot Q_{antigel}(h) \\ Q_{sys\_fr}(h) = id_{prefroid} \cdot Q_{Froid(rec)}(h) \end{cases} \quad (940)$$

8.11.3.4 Ratios de surface équivalente desservie par la bouche de soufflage

On évalue la surface équivalente desservie pour chaque groupe par les bouches de soufflage connectées à la CTA au travers du ratio suivant (unique pour la simulation) :

Système double flux (sans recyclage) : le ratio est calculé sur la base des débits soufflés maximaux.

$$Rat_{dess}^{CTA,gr} = \frac{\sum_{s \in gr} q_{soufflé, \max}^{gr,s}}{\sum_{grX \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in grX} q_{soufflé, \max}^{grX,s} \right)} \quad (941)$$

CTA DAC, DAC-TV et DAV :

$$Rat_{dess}^{CTA,gr} = \frac{\sum_{s \in gr} q_{soufflé,CH,max}^{gr,s}}{\sum_{grX \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in grX} q_{soufflé,CH,max}^{grX,s} \right)} \quad (942)$$

Les surfaces totales équivalentes desservies par la CTA sont :

$$\begin{cases} A_{dess\_ch}^{CTA} = id_{fonction\_ch} \cdot \sum_{gr \leftarrow CTA} (Rat_{dess}^{CTA,gr} \cdot A^{gr}) \\ A_{dess\_fr}^{CTA} = id_{fonction\_fr} \cdot \sum_{gr \leftarrow CTA} (Rat_{dess}^{CTA,gr} \cdot A^{gr}) \end{cases} \quad (943)$$

Conventionnellement, les pertes du réseau de distribution de CTA sont attribuées aux différents groupes desservis au prorata de ce ratio :

$$Rat_{surf}^{dCTA,gr} = Rat_{dess}^{CTA,gr} \quad (944)$$

8.11.3.5 *Calcul horaires des ratios de demande en chauffage et refroidissement*

Les ratios de consommations expriment la part de chacun des groupes desservis par la CTA dans le total d'énergie requis pour le préchauffage, le pré refroidissement, l'humidification et l'antigel.

En l'absence de besoins de chaud ($Q_{req\_ch}(h) = 0$) ou de froid ($Q_{req\_fr}(h) = 0$), on répartit les consommations résiduelles au prorata des surfaces équivalentes desservies dans chaque groupe.

Pour un réseau de CTA de chauffage ($id_{fonction\_ch} = 1, id_{fonction\_fr} = 0$) :

$$Rat_{bes\_fr}^{dCTA,gr}(h) = 0 \quad (945)$$

Si $Q_{req\_ch}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes\_ch}^{dCTA,gr}(h) = \frac{\sum_{s \in gr} q_{spec\_souffle}^{gr,s}(h)}{\sum_{gr \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in gr} q_{spec\_souffle}^{gr,s}(h) \right)} \quad (946)$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_ch}^{dCTA,gr}(h) = Rat_{dess}^{dCTA,gr}$$

Pour un réseau de CTA de refroidissement ($id_{fonction\_ch} = 0, id_{fonction\_fr} = 1$) :

$$Rat_{bes\_ch}^{dCTA,gr}(h) = 0 \quad (947)$$

Si $Q_{req\_fr}(h) < 0$, alors,

$$Rat_{bes\_fr}^{dCTA,gr}(h) = \frac{\sum_{s \in gr} q_{spec\_souffle}^{gr,s}(h)}{\sum_{gr \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in gr} q_{spec\_souffle}^{gr,s}(h) \right)} \quad (948)$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_fr}^{dCTA,gr}(h) = Rat_{dess}^{dCTA,gr}$$

8.11.3.6 Description des processus de calculs

Les processus de calculs sont exactement similaires à ceux de la fiche « *C_Dist_Gestion/régulation de la distribution du groupe* ». Se référer à cette fiche.

Selon les valeurs de id_{type} et $id_{fonction}$, se référer au chapitre cité pour la procédure utilisée.

id_{type}	id_{fonct_ch}	Fonction du réseau	Processus appelé
0	/	Tous les cas	Voir 8.11.3.6.1
1	$id_{fonction\_ch} = 1$ $id_{fonction\_fr} = 0$	Chauffage uniquement	Voir 8.11.3.6.2
	$id_{fonction\_ch} = 0$ $id_{fonction\_fr} = 1$	Refroidissement uniquement	Voir 8.11.3.6.3

Tableau 104 : Récapitulatif de l'appel des procédures

8.11.3.6.1 Absence de réseau de distribution hydraulique

Les données de sortie pour la cohérence de montage sont les suivantes :

$$\theta_{\max\_ch} = 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (949)$$

$$\theta_{\min\_fr} = 100 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (950)$$

En plus du processus, on calcule une température d'air ambiant équivalente permettant d'alimenter la modélisation des générateurs sur air dans la génération.

Conventionnellement, cette température est prise égale à la température après la boîte de mélange pour le préchauffage et la déshumidification. Elle est prise égale au minimum des températures d'air neuf des systèmes de ventilation reliés à la CTA pour l'antigel.

$$\text{Si } id_{prechaud} = 1 \text{ ou } id_{prefroid} = 1 \text{ ou } id_{chaudHR} = 1, \text{ alors,} \quad (951)$$

$$\theta_{i,aval,eq}^{dCTA}(h) = \theta_{souf,mel}^{CTA}(h) \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{Sinon, (cas } id_{antigel} = 1 \text{ seul)} \quad (952)$$

$$\theta_{i,aval,eq}^{dCTA}(h) = \underset{s \rightarrow CTA}{MIN}(\theta_{AN}^s(h))$$

Le reste des calculs est similaire à celui d'une distribution du groupe. Voir chapitre identique de la fiche « *C_Dist_Gestion/régulation de la distribution du groupe* ».

8.11.3.6.2 Réseau hydraulique de chauffage

La vérification de la compatibilité de la génération en termes de températures de dimensionnement impose de connaître les températures extrêmes sollicitées par les réseaux du groupe. Si la génération ne peut pas les atteindre, le montage est jugé incorrect.

Dans le cas où le réseau est à température de départ constante ou à régulation sur la température de départ, la référence est la température de départ. Dans le cas d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\text{Si } id_{gest\_ch}=2, \text{ alors, } \theta_{max\_ch} = \theta_{ret\_dim\_ch} + \Delta\theta_{em\_dim\_ch} \quad (953)$$

$$\text{Sinon, } \theta_{max\_ch} = \theta_{dep\_dim\_ch}$$

$$\theta_{min\_fr} = 100 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (954)$$

Le reste des calculs est similaire à celui d'une distribution du groupe. Voir chapitre identique de la fiche « *C_Dist_Gestion/régulation de la distribution du groupe* ».

8.11.3.6.3 Réseau hydraulique de refroidissement

La vérification de la compatibilité de la génération en termes de températures de dimensionnement impose de connaître les températures extrêmes sollicitées par les réseaux du groupe. Si la génération ne peut pas les atteindre, le montage est jugé incorrect.

Dans le cas où le réseau est à température de départ constante, la référence est la température de départ. Dans le cas d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\theta_{max\_ch} = 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (955)$$

$$\text{Si } id_{gest\_fr}=2, \text{ alors, } \theta_{min\_fr} = \theta_{ret\_dim\_fr} + \Delta\theta_{em\_dim\_fr} \quad (956)$$

$$\text{Sinon, } \theta_{min\_fr} = \theta_{dep\_dim\_fr}$$

Le reste des calculs est similaire à celui d'une distribution du groupe. Voir chapitre identique de la fiche « *C_Dist_Gestion/régulation de la distribution du groupe* ».

8.12 C-Dist-Distributions intergroupes des CTA

8.12.1 NOMENCLATURE

Le Tableau 105 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h .	°C			
E.tamp.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
Gestion/régulation des réseaux de distribution des CTA	$Q_{sys\_ch}(h)$	Energie requise de chauffage, transmise par la CTA au réseau de distribution.	Wh			
	$Q_{sys\_fr}(h)$	Energie requise de refroidissement, transmise par la CTA au réseau de distribution.	Wh			
	$\theta_{dep}(h)$	Température du départ du réseau de CTA au pas de temps h .	°C			
	$\theta_{ret}(h)$	Température du retour du réseau de CTA au pas de temps h .	°C			
	$q_{eff}(h)$	Débit volumique effectif totale dans le réseau de CTA.	m ³ /h			
	$\delta_{fonct}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau: <i>0 : Le réseau de CTA ne débite pas,</i> <i>1 : Le réseau de CTA débite.</i>	Bool			
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion.	Réel			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation de la puissance des circulateurs en fonction de leur mode de gestion.	Réel			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	L_{vc}	Longueur de réseau de distribution situé en volume chauffé.	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc}	Longueur de réseau de distribution situé hors volume chauffé.	m	0	$+\infty$	-
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution de CTA : <i>1 : chauffage,</i> <i>2 : refroidissement.</i>	Entier	1	2	-
Paramètres intrinsèques du composant						

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres intrinsèques du réseau de distribution	id_{type}	Type de réseau de distribution de CTA : <i>0 : réseau de distribution fictif,</i> <i>1 : réseau de distribution hydraulique.</i>	Entier	0	1	-
	θ_{vc_ch}	Température ambiante équivalente en volume chauffée lorsque le réseau intergroupes est sollicité en chauffage.	°C	-	-	20
	θ_{vc_fr}	Température ambiante équivalente en volume chauffée lorsque le réseau intergroupes est sollicité en refroidissement. C.	°C	-	-	26
	P_{aux_ch}	Puissance du circulateur du réseau de CTA en chauffage.	W	0	$+\infty$	-
	P_{aux_fr}	Puissance du circulateur du réseau de CTA en refroidissement.	W	0	$+\infty$	-
	$U_{moyen\_vc\_ch}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le chauffage, sur sa fraction en volume chauffé.	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moyen\_hvc\_ch}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le chauffage, sur sa fraction hors volume chauffé.	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moyen\_vc\_fr}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le refroidissement, sur sa fraction en volume chauffé.	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moyen\_hvc\_fr}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau pour le refroidissement, sur sa fraction hors volume chauffé.	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	P_{circ_vc}	Part de la consommation électrique des circulateurs transmise à l'ambiance sous forme de chaleur.	W	0	$+\infty$	0.5

Sorties

	Nom	Description	Unité
Distribution primaire	$Q_{sys\_ch}(h)$	Besoin en énergie de chauffage augmenté des pertes thermiques du réseau de CTA.	Wh
	$Q_{sys\_fr}(h)$	Besoin en énergie de refroidissement augmenté des pertes thermiques du réseau de CTA.	Wh
Cal. gr.	$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution de CTA au pas de temps h.	Wh

P. et c. récupérables

$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
$\Phi_{pertes\_vc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution de CTA en volume chauffé.	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\Phi_{pertes\_hvc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution de CTA hors volume chauffé.	Wh
$\theta_{moy}(h)$	Température moyenne dans le réseau de distribution de CTA.	°C
$\theta_{hvc}(h)$	Température de l'air autour de la conduite hors volume chauffé.	°C

Tableau 105 : Nomenclature du modèle

8.12.2 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Les processus de calculs sont similaires à ceux de la fiche « C_Dist_Gestion/régulation de la distribution du groupe ». Se référer à cette fiche.

Selon les valeurs de id_{type} et $id_{fonction}$, se référer au chapitre cité pour la procédure utilisée.

id_{type}	$id_{fonction}$	Fonction du réseau	Processus appelé
0	/	Tous les cas	Voir 8.8.3.1
1	1	Chauffage uniquement	Voir 8.8.3.2
	2	Refroidissement uniquement	Voir 8.8.3.3

Tableau 106: Récapitulatif de l'appel des procédures

8.12.2.1 Absence de réseau de distribution hydraulique

Voir chapitre identique de la fiche « C_Dist_Réseau de distribution du groupe en chaud et en froid ».

8.12.2.2 Réseau hydraulique de chauffage

Voir chapitre identique de la fiche « C_Dist_Réseau de distribution du groupe en chaud et en froid ».

8.12.2.3 Réseau hydraulique de refroidissement

Voir chapitre identique de la fiche « C_Dist_Réseau de distribution du groupe en chaud et en froid ».

Note : étant donné que les réseaux de CTA peuvent desservir plusieurs groupes, les pertes thermiques des réseaux de distribution vers le volume chauffé sont calculées sur la base des températures d'ambiance conventionnelles θ_{vc_ch} et θ_{vc_fr} , comme c'est le cas pour les distributions intergroupes de chaud et de froid.

8.13 FA_Clasement des réseaux de distribution en ou hors volume chauffé

8.13.1 INTRODUCTION

Cette partie précise les modalités de prise en compte des réseaux de distribution d'eau pour le chauffage et l'eau chaude.

Les règles Th-BCE permettent :

- De récupérer les pertes thermiques des réseaux en volume chauffé
- D'atténuer les pertes thermiques en volume non chauffé par rapport à des pertes vers l'extérieur par la création d'espace tampon

La présente fiche permet d'aider à déterminer si un réseau est situé en ou hors volume chauffé.

Les planchers chauffant et/ou rafraîchissant ne sont pas concernés par cette présente fiche.

8.13.2 PRINCIPE

La méthode s'applique de manière identique pour les réseaux du groupe et intergroupes, pour les réseaux de distribution chauffage ou d'eau chaude sanitaire.

Le choix en volume chauffé (ou considéré comme chauffé) ou hors du volume chauffé dépend de l'emplacement des réseaux par rapport aux isolants de la paroi séparant le volume chauffé de celui non chauffé.

Lorsque les réseaux sont intégrés dans les parois séparant un volume chauffé d'un volume non chauffé ou l'extérieur, le réseau est considéré comme dans le volume chauffé si la résistance thermique le séparant de ce volume est inférieure à la moitié de la résistance thermique de la paroi. Cela est de fait obtenu lorsque les réseaux sont positionnés entre le volume chauffé et l'isolant séparant les deux types de volumes.

Sinon il faut les considérer hors volume chauffé.

8.13.2.1 Exemples de réseaux en volume chauffé

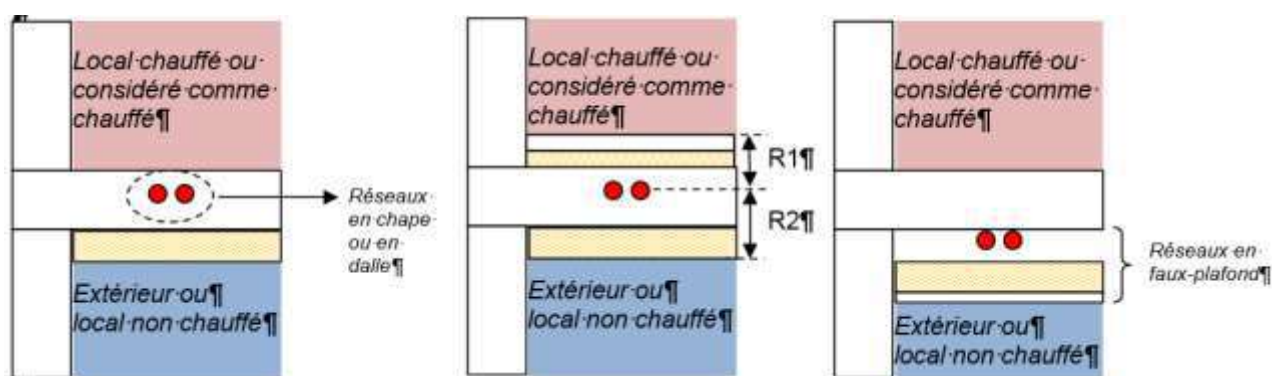


Figure 98 – Exemples de réseaux en volume chauffé (n°1 à 3 de gauche à droite). Le n°2 correspond au cas où R1 est inférieure à R2

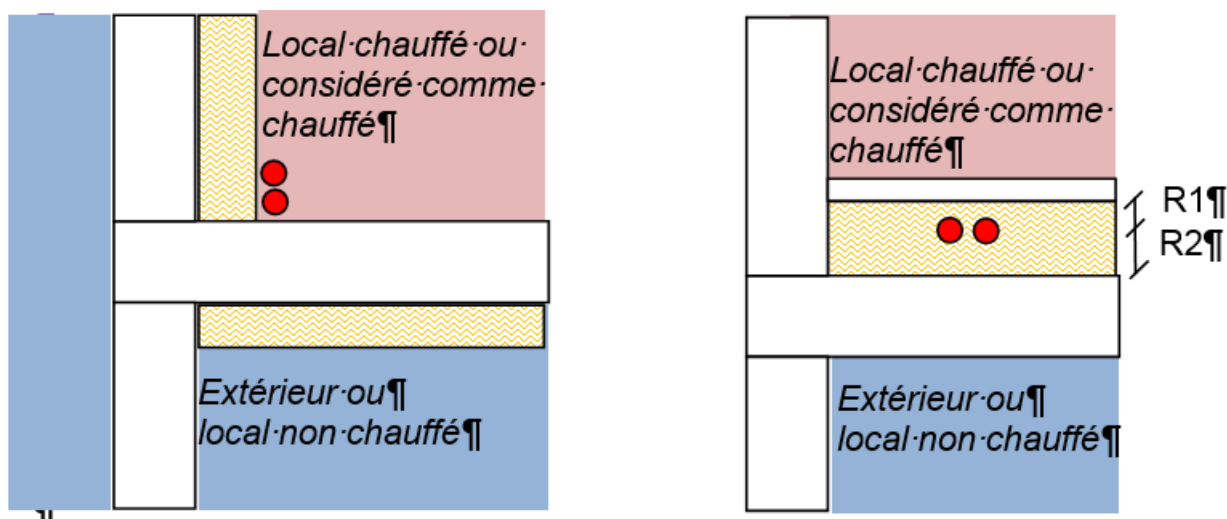


Figure 99 – Exemples de réseaux en volume chauffé (n°4 et 5 de gauche à droite). Le n°5 correspond au cas où R1 est inférieure à R2

Où R1 et R2 sont des résistances thermiques.

8.13.2.2 Exemples de réseaux hors volume chauffé

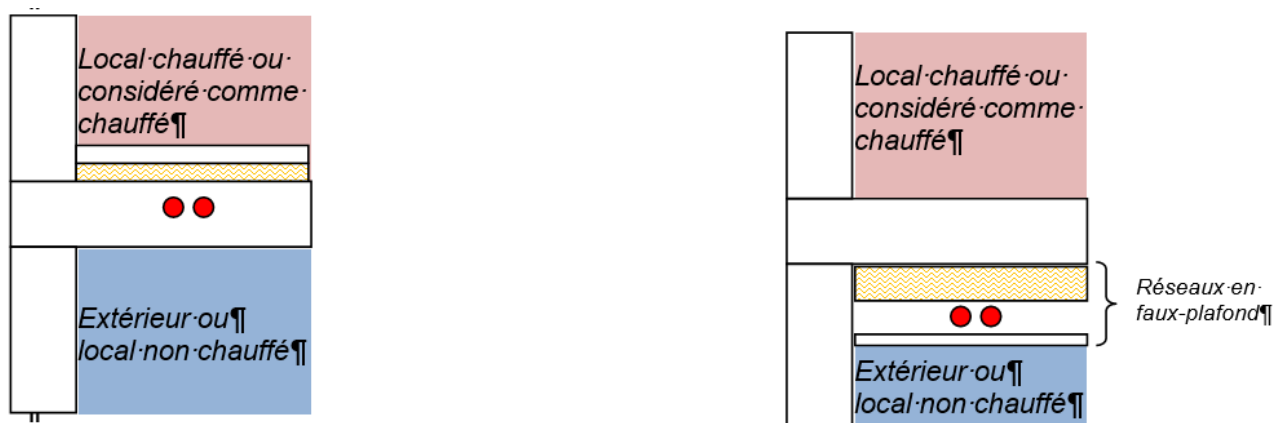


Figure 100 – Exemples de réseaux hors volume chauffé (n°1 et 2 de gauche à droite).

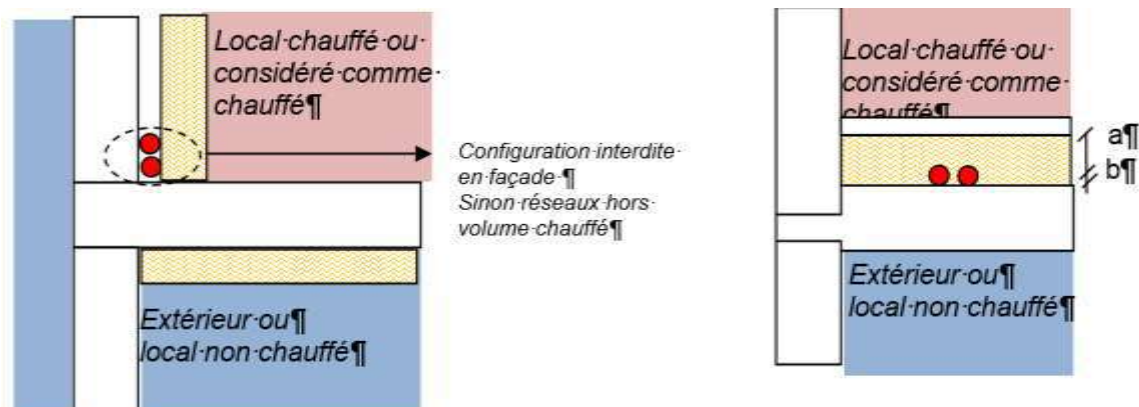


Figure 101 – Exemples de réseaux hors volume chauffé (n°3 et 4 de gauche à droite). Le numéro 4 correspond au cas où a est inférieure à b

Où a et b sont des épaisseurs.

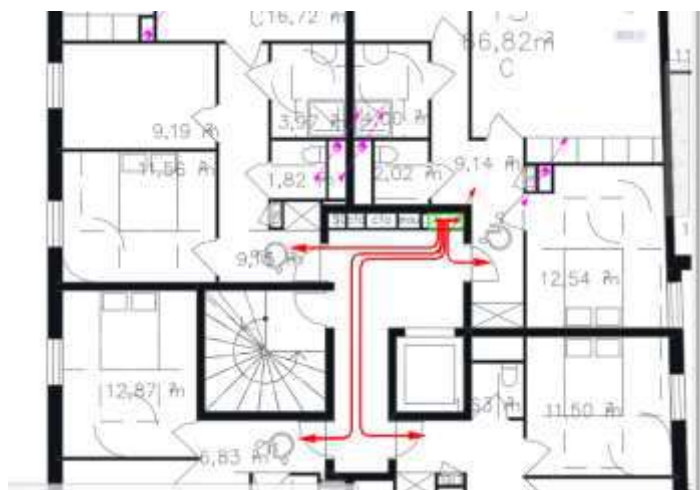
8.13.2.3 Exemples en gaines palières et gaines logements

En gaine palière, le choix en volume chauffé ou hors du volume chauffé des réseaux dépend de la configuration de la circulation considérée (volume chauffé, considéré comme chauffé ou non chauffé), définie conformément aux règles Th-Bat.

En gaine logement, les réseaux sont considérés en volume chauffé. En cas de paroi de gaine donnant sur l'extérieur ou un volume non chauffé, celle-ci doit être isolée.

Exemples :

Réseaux de chauffages (rouge) en circulation considérée comme chauffée :



Réseaux d'eau chaude (rouge) en gaine logement (volume chauffé) :

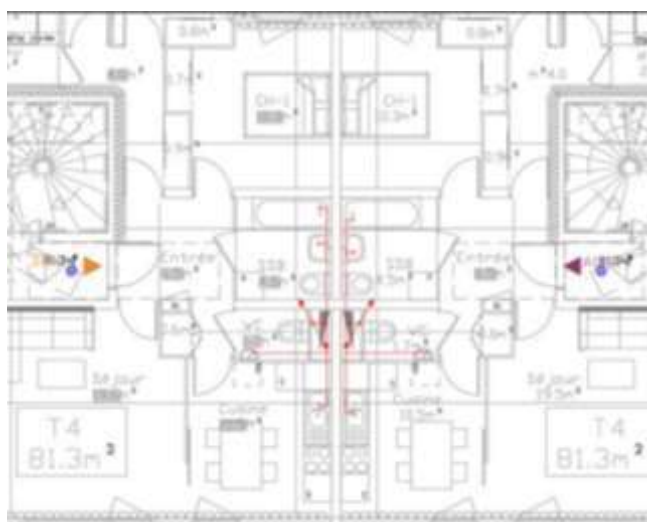


Figure 102 – Exemples de réseaux en gaines palière et gaines logements

A noter :

Bien que la réglementation thermique n'impose pas d'isoler les réseaux de distribution en dehors des volumes chauffés, il est toutefois conseillé d'isoler ces réseaux et de respecter les DTU qui continuent de s'appliquer. Cela permet d'éviter tout risque de gel, d'éviter les pertes thermiques des réseaux lorsqu'ils sont positionnés dans des espaces tampons (ex : couloirs internes), et plus généralement isoler les réseaux de distribution favorise l'utilisation des émissions terminales régulées, en particulier en mi-saison.

8.14S1_Syst_Assemblage de la génération

8.14.1 INTRODUCTION

Une génération reçoit les demandes en énergie d'un ou plusieurs réseaux intergroupes (chauffage/refroidissement, ou ECS, ou de CTA).

La génération se compose d'un ensemble de générateurs de type et fonction multiples, fonctionnant selon des scénarios de gestion des priorités.

On distingue les générations connectées à des réseaux hydrauliques, des générations sur l'air ambiant (connectées à des réseaux fictifs).

8.14.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 107 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{max\_ch}^{dp}$ (ou $\theta_{max\_ch}^{dCTA}$)	Température maximale de la distribution intergroupe en chauffage.	°C
$\theta_{min\_fr}^{dp}$ (ou $\theta_{min\_fr}^{dCTA}$)	Température minimale de la distribution intergroupe en refroidissement	°C
$Q_{sys\_ch}^{dp}(h)$ (ou $Q_{sys\_ch}^{dCTA}(h)$)	Besoins horaires en chauffage augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes de chauffage	Wh
$Q_{sys\_fr}^{dp}(h)$ (ou $Q_{sys\_fr}^{dCTA}(h)$)	Besoins horaires en chauffage augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes.	Wh
$Q_{w\_e}^{dp-e}(h)$	Besoins horaires en ECS augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes ECS.	Wh
$W_{rechauf-e}^{dp-e}(h)$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
$\theta_{moy}^{dp}(h)$ $\theta_{moy}^{dCTA}(h)$	Températures moyennes des différents réseaux de chauffage et de refroidissement.	°C
$\theta_{dep}^{dp}(h)$ (ou $\theta_{dep}^{dCTA}(h)$)	Températures de départ des différents réseaux de chauffage et de refroidissement.	°C
$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h)$	Température d'air équivalente vu par la distribution intergroupes.	°C
$\theta_{moy}^{dp-e}(h)$	Températures moyennes des différents réseaux intergroupes d'ECS.	°C
$\theta_{dep}^{dp-e}(h)$	Températures de départ des différents réseaux intergroupes d'ECS.	°C
$id_{encl}^{dp-e}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclu dans la période de fonctionnement du réseau intergroupe.	Bool

Réseaux intergroupes CH/FR et ECS

Det. des saisons svst.	$A_{dess\_ch}^{dp}$ (ou $A_{dess\_ch}^{dCTA}$)	Surface totale desservie par la distribution intergroupe, en chauffage.	Réel
	$A_{dess\_fr}^{dp}$ (ou $A_{dess\_fr}^{dCTA}$)	Surface totale desservie par la distribution intergroupe, en refroidissement.	Réel
	$A_{dess\_ecs}^{dp-e}$	Surface totale desservie par la distribution intergroupe, en ECS.	Réel
	$Aut_{ch}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement de la génération en chauffage.	Bool
	$Aut_{fr}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement de la génération en refroidissement.	Bool

Données d'entrée de la fiche « Sources amont des générateurs thermodynamiques »

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Paramètres de la gestion/régulation de la génération</i>	Emplacement de la génération.	-	-	-	-
<i>Paramètres des générateurs</i>	Nombre de générateurs identiques, niveau de priorité au niveau de la génération.	-	-	-	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Paramètres de la gestion/régulation de la génération</i>	Gestion de la priorité, organisation hydraulique des générateurs et des réseaux de distribution.	-	-	-	-
<i>Paramètres des générateurs</i>	Type, fonction, matrices de fonctionnement, rendements ou efficacités, puissances nominales, températures de fonctionnement.	-	-	-	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Calculs groupe	$Q_{req,ch}^{gen,gr}(h)$ Demande en énergie de chauffage au niveau de la génération <i>gen</i> pour le groupe <i>gr</i> .	Wh
	$Q_{req,fr}^{gen,gr}(h)$ Demande en énergie de refroidissement au niveau de la génération <i>gen</i> pour le groupe <i>gr</i> .	Wh

P. et c.aux. rec.in	$\{Q_{cef(po.;én.)^{gen,gr}}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
	$\Phi_{vc\_tot}(h)$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération.	Wh
	$Rat_{surf\_gen}^{gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-

Indicateurs de sous-dimensionnement de la génération pour les différents postes.

Résultats annuels et mensuels de consommations de la génération

Résultats annuels et mensuels de consommations des générateurs

Tableau 107 : Nomenclature du modèle

8.14.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

L'assemblage de la génération est organisé de la manière suivante :

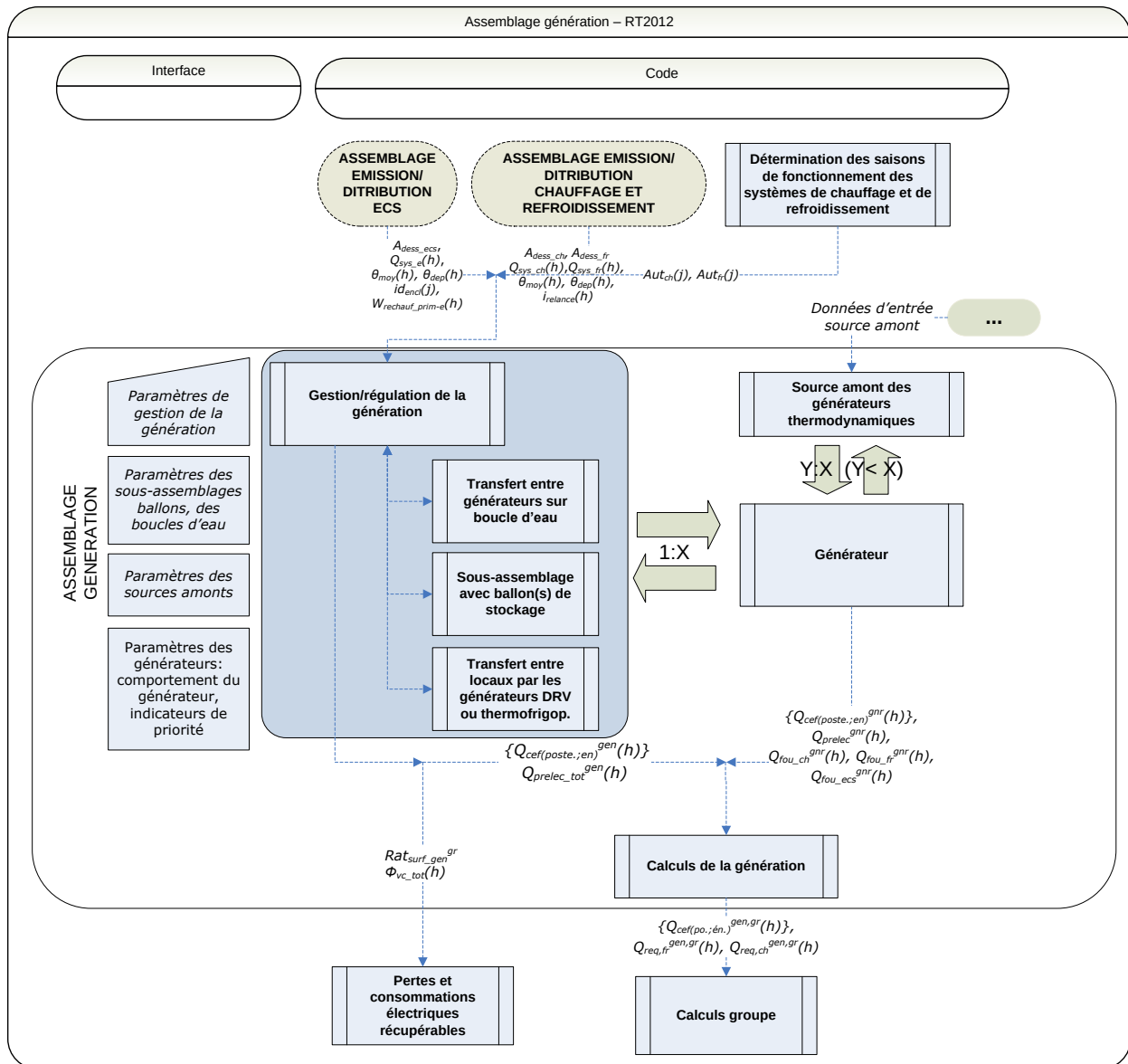


Figure 103 : Assemblage de la génération

Les composants intégrés dans l'assemblage sont les suivants :

- **Source amont des générateurs thermodynamiques** : intervient pour le calcul des températures de source des générateurs thermodynamiques, ainsi que les consommations d'auxiliaires associées (cas des tours de refroidissement, des puisages ou captages, des boucles d'eau...).
- **Gestion/régulation de la génération de chauffage et de refroidissement** : ce composant est unique pour une génération et gère la distribution de la demande en énergie entre les différents composants et générateurs. La fiche centralise également les calculs de report

d'énergie, de températures de fonctionnement, et de ratios de répartition des pertes récupérables,

- **Transferts entre générateurs sur boucle d'eau** : effectue le bilan énergétique d'une boucle d'eau, et incluse l'appel des PAC, du générateur de chauffage et de la tour de refroidissement associés à la boucle.
- **Transferts entre locaux par les générateurs DRV et thermofrigopompes** : effectue un bilan simplifié des transferts d'énergie entre locaux au travers des générateurs DRV et des thermofrigopompes, afin d'aboutir au calcul de leurs consommations.
- **Sous-assemblage avec ballon(s) de stockage** : modélise le comportement thermique d'un ou plusieurs ballons de stockage, et pilote les générateurs de base et d'appoint de ces ballons.
- **Générateur**: composant décrivant le comportement d'un générateur (ou ensembles de générateurs identiques) en fonction d'une charge, de températures de source et de températures de fonctionnement données.
- **Calculs de la génération** : réalise l'ensemble des calculs annuels et mensuels de consommations des générateurs et de la génération. Gère également la distribution des consommations par groupe à partir des ratios préalablement calculés.

Les sorties principales de l'assemblage génération sont les suivantes :

- Consommations sur les différentes postes (chauffage, ECS, refroidissement, comprenant les consommations des auxiliaires de génération) et pour les différents types d'énergie. Ces données sont regroupées et sommées dans la fiche **Calculs groupe**.
- Pertes et consommations récupérables par le volume chauffé sous forme de chaleur ou de puissance de froid. Ces dernières sont regroupées et sommées dans la fiche **Calcul des pertes et consommations récupérables**. Elles sont ensuite transmises aux groupes desservis au pas de temps suivant.
- Surplus d'énergie par poste qui reste à fournir dans le cas où la génération a été incapable d'assurer la demande au pas de temps h . Cette donnée est récupérée par la génération au pas de temps $h+1$.

8.15 C_Gen_Transferts Entre Generateurs Sur Boucle D'eau

8.15.1 INTRODUCTION

Certains systèmes de traitement des ambiances permettent des transferts d'énergie entre des locaux dans des situations thermiques différentes. Il peut y avoir transfert d'énergie entre des locaux en demande de froid et d'autres en demande de chaud via le système, ce qui permet de réduire la demande aux générateurs.

On vise ici les PAC sur boucle d'eau.

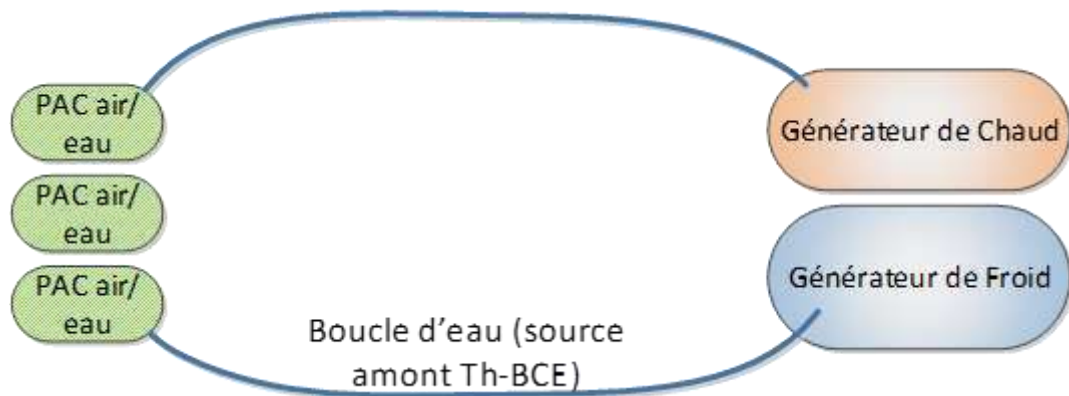


Figure 104 – schéma de principe des systèmes dits de pompes à chaleur sur boucle d'eau

Les pompes à chaleurs qui traitent les locaux et sont connectées à la boucle d'eau sont traitées comme des groupes frigorifiques eau / air.

La boucle d'eau, elle, assure les transferts entre PAC de groupes différents et ainsi reçoit les rejets thermiques / frigorifiques des pompes à chaleur (selon le mode de fonctionnement). Elle est reliée, pour son maintien en température, à une source de chaleur (chaudière ou tout autre générateur sur eau) et à une source de froid (tour de refroidissement ou tout autre générateur de froid sur eau).

8.15.2 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur.	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique de l'air extérieur	kg/kg as
G/R de la génération	$Q_{req,ch}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie de chauffage au niveau de la génération <i>gen</i> pour le groupe <i>gr</i> .	Wh
	$Q_{req,fr}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie de refroidissement au niveau de la génération <i>gen</i> pour le groupe <i>gr</i> .	Wh
Reports d'énergie	$Q_{rep,ch}(h-1)$	Demande en énergie totale de chaud de la génération reportée au pas de temps <i>h</i> .	Wh
	$Q_{rep,fr}(h-1)$	Demande en énergie totale de chaud de la génération reportée au pas de temps <i>h</i> .	Wh
	$Q_{rep,BE,ch}^{gr}(h-1)$	Energie en chauffage reportée du pas de temps précédent.	Wh
	$Q_{rep,BE,fr}^{gr}(h-1)$	Energie en refroidissement reportée du pas de temps précédent.	Wh
Det. des saisons syst.	$Aut_{ch}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement de la génération en chauffage.	Bool
	$Aut_{fr}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement de la génération en refroidissement.	Bool
Températures fonctionnement	$\theta_{aval,ch}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage.	°C
	$\theta_{aval,fr}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en refroidissement.	°C
Sour. amont	$\theta_{be}(j)$	Température de l'eau dans la boucle le jour <i>j</i> .	°C
	$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont des générateurs thermodynamiques <i>gnr</i> correspondant à la température mensuelle de la boucle d'eau.	°C

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R_{eff_trBE}	Ratio d'efficacité du transfert d'énergie (conventionnel).	-	0	1	0.8

Chaudière	P_{ngen_ch}	Puissance fournie nominale du générateur en chauffage et ECS.	W	0	$+\infty$	-
	P_{ngen_fr}	Puissance fournie nominale du générateur en refroidissement.	W	0	$+\infty$	-
	P_{ngen}	Puissance utile nominale de la chaudière.	kW	0	$+\infty$	-
	$\theta_{max\_rech\_BE}$	Température de fonctionnement maximale de chauffage de la boucle d'eau.	°C	20	100	
	$\theta_{min\_fr\_BE}$	Température de fonctionnement minimale de refroidissement de la boucle d'eau.	°C			
Tour de refroidissement sur la boucle	id_{tour}	Type de tour de refroidissement : 0 : Autre, 1 : Tour humide, 2 : Tour sèche.	Ent	0	2	-
	$q_{v,nom,tour}$	Débit nominal d'eau à refroidir circulant dans la tour sèche ou humide (paramètre de dimensionnement).	m ³ /h	0	$+\infty$	-
	P_{pompes_tour}	Puissance électrique des pompes du circuit de la tour de refroidissement.	W	0	$+\infty$	-
	P_{vent_tour}	Puissance électrique des ventilateurs de la tour.	W	0	$+\infty$	-
	$\Delta\theta_{tour}$	1) Ecart de température entre l'eau en sortie de tour humide et la température humide de l'air extérieur. 2) Ecart de température entre l'eau en sortie de tour sèche et la température de l'air extérieur.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{es\_tour\_consigne}$	Consigne de température d'eau en sortie de tour.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-

Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$N_{pbe}^{gnr,gr}$	Nombre de générateurs thermodynamiques identiques sur la BE et appartenant au groupe gr.	-	1	$+\infty$	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{aval\_chaud\_BE}(h)$	Température de fonctionnement du générateur de chaud associé à la boucle d'eau.	°C
$\theta_{aval\_froid\_BE}(h)$	Température de fonctionnement du générateur de froid associé à la boucle d'eau.	°C
$\Phi_{rejet}^{gnr}(h)$	Puissance rejetée par le générateur thermodynamique <i>gnr</i> (valeur positive)	W

Gestion des générateurs thermodynamiques sur BE		en refroidissement et négative en chauffage).	
	$Q_{req\_BE\_ch}^{gr}(h)$	Demande totale en chauffage sur les générateurs thermodynamiques de la boucle d'eau pour le groupe gr .	Wh
	$Q_{req\_BE\_fr}^{gr}(h)$	Demande totale en froid sur les générateurs thermodynamiques de la boucle d'eau pour le groupe gr .	Wh
	$\Phi_{rejet\_totBE\_ch}(h)$	Rejet de froid total des PAC en mode chauffage sur la boucle d'eau.	W
	$\Phi_{rejet\_totBE\_froid}(h)$	Rejet de chaleur total des PAC en mode refroidissement sur la boucle d'eau.	W
	$Q_{sys\_BE\_ch}(h)$	Demande en énergie de chauffage transmise aux générateurs qui desservent la boucle d'eau.	Wh
	$Q_{sys\_BE\_fr}(h)$	Demande en énergie de refroidissement transmise aux générateurs qui desservent la boucle d'eau.	Wh
	$P_{ngen\_tot\_ch}^{gr}$	Puissance nominale totale en chauffage des PAC sur boucle d'eau pour le groupe gr .	Réel
	$P_{ngen\_tot\_fr}^{gr}$	Puissance nominale totale en refroidissement des PAC sur boucle d'eau pour le groupe gr .	Réel
	$Rat_{pngen\_ch}^{gr,gr}$	Ratio de répartition des charges sur les différents générateurs sur boucle d'eau, au prorata de leurs puissances nominales en chauffage, pour le groupe gr .	Réel
Tour de refroidissement	$Rat_{pngen\_fr}^{gr,gr}$	Ratio de répartition des charges sur les différents générateurs sur boucle d'eau, au prorata de leurs puissances nominales en refroidissement, pour le groupe gr .	Réel
	θ_{es_tour}	Température d'eau en sortie de tour	°C
	W_{pompes_tour}	Consommation électrique des pompes du circuit de refroidissement	Wh
	P_{max}	Puissance maximale de froid que peut fournir la tour dans les conditions du pas de temps actuel.	W
	W_{vent_tour}	Consommation électrique des ventilateurs de la tour.	Wh

Sorties

	Nom	Description	Unité
Report d'énergie	$Q_{rep\_ch}(h)$	Demande en énergie totale de chaud de la génération reportée au pas de temps $h+1$.	Wh
	$Q_{rep\_fr}(h)$	Demande en énergie totale de froid de la génération reportée au pas de temps $h+1$.	Wh

Calculs génération	$Q_{rep\_BE\_ch}^{gr}(h)$	Energie restant à fournir pour les générateurs thermodynamiques sur boucle d'eau (reportée au pas de temps suivant).	Wh
	$Q_{rep\_BE\_fr}^{gr}(h)$	Energie reprise pour les générateurs thermodynamiques sur boucle d'eau au pas de temps suivant.	Wh
	$\{Q_{cef(po.;en)}^{gr}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale du générateur <i>gr</i> .	Wh
	$\{Q_{cef(po;en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
	$Q_{cons}^{gr}(h)$	Energie consommée hors auxiliaires du générateur <i>gr</i> .	Wh
	$Q_{fou\_ch}^{gr}(h),$ $Q_{fou\_fr}^{gr}(h),$ $Q_{fou\_ecs}^{gr}(h)$	Energies fournies par le générateur <i>gr</i> par poste au pas de temps h.	Wh
	$Q_{prelec}^{gr}(h)$	Energie électrique produite pas le générateur <i>gr</i> au pas de temps h.	Wh
	$W_{aux}^{gr}(h)$	Consommation électrique globale des auxiliaires du générateur <i>gr</i> .	Wh
	$W_{aux,pro}^{gr}(h)$	Consommations électrique des auxiliaires propres au générateur <i>gr</i> .	Wh
	$T_{charge}^{gr}(h)$	Taux de charge du générateur <i>gr</i> .	Réel
Données par générateur	$\Phi_{vc}^{gr}(h)$	Pertes thermiques du générateur <i>gr</i> vers l'ambiance.	Wh
	$\eta_{eff\_ch}^{gr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en chauffage.	Réel
	$\eta_{eff\_fr}^{gr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en refroidissement.	Réel
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
C_v	Chaleur massique de la vapeur d'eau	J/kg K	1830
C_{pe}	Chaleur massique de l'eau	J/kg K	4180
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/ m ³	1000
C_a	Chaleur massique de l'air	J/kg K	1006
H_{fg}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau	J/kg K	25.10 ⁵

Tableau 108 : Nomenclature du modèle

8.15.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.15.3.1 Description d'une boucle d'eau et ses composants

Une boucle d'eau est décrite sous la forme d'une génération, comprenant :

- au moins un générateur de type générateur thermodynamique sur boucle d'eau ($id_{type}=507$),
- une source amont de type boucle d'eau ($id_{fluide-amont}^{gr}=1$ et $id_{amont-eau-type}^{gr}=3$),
- un générateur de chauffage ($id_{fougen}=1$ et $id_{type}\neq 507$) et/ou un générateur de froid ($id_{fougen}=2$ et $id_{type}\neq 507$)

Note : la tour de refroidissement est intégrée dans la source amont boucle d'eau et non dans la génération comme les générateurs de froid assurant le refroidissement de la boucle. Il ne s'agit pas d'un composant à part entière. Il sera cependant renseigné dans la source amont si la source de froid est une tour de refroidissement ($Id_{tour}=1$ ou 2), ou si la source de froid est un autre générateur de froid ($Id_{tour}=0$).

Tout assemblage ne décrivant que de manière incomplète la boucle d'eau (non-respect de la liste de composant ci-dessus) est considéré comme non-valide.

Dans la suite de la fiche, on notera G_{BE} l'ensemble des X générateurs thermodynamiques sur la boucle d'eau décrit au sein de la génération gen .

Chaque composant générateur de cet ensemble est associé à un des groupes desservis par la boucle (lien d'interface).

La somme de tous les ensembles de générateur identiques pour un groupe donné forme l'ensemble G_{BE}^{gr} . Selon les valeurs de $Q_{req,ch}^{gen,gr}(h)$ et $Q_{req,fr}^{gen,gr}(h)$, on connaît l'état (fonctionnement en chaud, en froid ou générateur à l'arrêt) des générateurs de G_{BE}^{gr} .

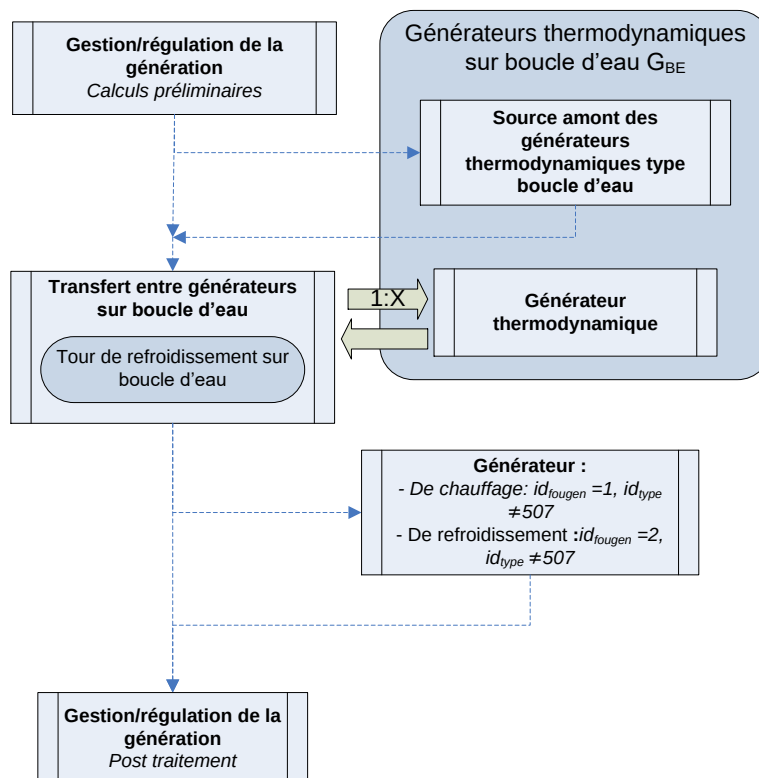


Figure 105: Séquence d'appel des composants pour la modélisation d'une boucle d'eau - Description algorithmique

8.15.3.2 Description des PAC sur boucle d'eau par groupe (aucun changement)

En début de simulation, on initialise des clés de répartition entre générateurs pour le poste chauffage et le poste refroidissement :

$$\begin{cases} P_{ngen\_tot\_ch}^{gr} = \sum_{gnr \in GBE} N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen\_ch}^{gnr} \\ P_{ngen\_tot\_fr}^{gr} = \sum_{gnr \in GBE} N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen\_fr}^{gnr} \end{cases} \quad (957)$$

$$\begin{cases} Rat_{pngen\_ch}^{gnr,gr} = \frac{N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen\_ch}^{gnr}}{P_{ngen\_tot\_ch}^{gr}} \\ Rat_{pngen\_fr}^{gnr,gr} = \frac{N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen\_fr}^{gnr}}{P_{ngen\_tot\_fr}^{gr}} \end{cases} \quad (958)$$

8.15.3.3 Traitement des PAC sur la boucle d'eau par groupe

Chaque groupe est associé à une demande de chauffage ou une demande de refroidissement, calculée dans « C_Gen_Gestion/régulation de la génération ». Un premier traitement a lieu par groupe de PAC sur boucle d'eau d'un même groupe gr , selon les besoins et l'état des saisons de ce groupe.

Pour chaque groupe gr associé à une même génération de type boucle d'eau, on applique l'algorithme suivant :

Groupe en mi-saison : $Aut_{fr}(j) \neq 1$ et $Aut_{ch}(j) \neq 1$

Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.

Groupe en demande de refroidissement, ou sans besoins et hors saison de chauffage:

$Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) > 0$ ou $Aut_{ch}(j) \neq 1$ (avec $Aut_{fr}(j) = 1$)

Les PAC sur boucle d'eau du groupe gr fonctionnent en mode refroidissement, à charge nulle ou non-nulle.

$$id_{fonction} = 2 \quad (959)$$

$$Q_{req\_BE\_fr}^{gr}(h) = Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) + Q_{rep\_BE\_fr}^{gr}(h) \quad (960)$$

$$Q_{rep\_BE\_fr}^{gr}(h) = 0$$

$$\text{DEBUT DE LA BOUCLE : générateur } gnr \in G_{BE}^{gr} \quad (961)$$

Charge du générateur

$$Q_{req} = \frac{Rat_{pngen\_fr}^{gnr,gr}}{\sum_{gnr \in G_{BE}^{gr}} Rat_{pngen\_fr}^{gnr,gr}} \times Q_{req\_BE\_fr}^{gr}(h)$$

$$Q_{rest} = 0$$

Indicateur de refroidissement :

Si $Q_{req} > 0$, alors, $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(2;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_fr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

$$\begin{cases} \{Q_{cef(2;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(2;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \cdot \tau_{charge} \end{cases} \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff\_fr}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{cases}$$

Ajout du surplus de demande à l'énergie reportée

$$Q_{rep\_BE\_fr}^{gr}(h) += Q_{rest}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{BE}^{gr}$
ou FIN DE LA BOUCLE

Groupe en demande de chauffage, ou sans besoins et en saison de chauffage: $Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) > 0$
ou $Aut_{ch}(j) = 1$ (avec $Aut_{fr}(j) \neq 1$ ou $Aut_{fr}(j) = 1$)

Les PAC sur boucle d'eau du groupe gr fonctionnent en mode chauffage, à charge nulle ou non-nulle.

$$id_{fonction} = 1 \quad (962)$$

$$\begin{aligned} Q_{req\_BE\_ch}^{gr}(h) &= Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) + Q_{rep\_BE\_ch}^{gr}(h) \\ Q_{rep\_BE\_ch}^{gr}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (963)$$

$$\text{DEBUT DE LA BOUCLE : générateur } gnr \in G_{BE}^{gr} \quad (964)$$

Charge du générateur

$$Q_{req} = \frac{Rat_{pngen\_fr}^{gnr}}{\sum_{gnr \in G_{BE}^{gr}} Rat_{pngen\_fr}^{gnr}} \times Q_{req,ch}^{gen,gr}(h)$$

$$Q_{rest} = 0$$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix} s$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

$$\begin{cases} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \cdot \tau_{charge} \end{cases} \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff\_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{cases}$$

Ajout du surplus de demande à l'énergie reportée

$$Q_{rep\_BE\_ch}^{gr}(h) += Q_{rest}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{BE}^{gr}$

ou FIN DE LA BOUCLE

8.15.3.4 **Bilan énergétique de la boucle d'eau**

La première étape du calcul consiste à analyser les rejets chaud et froid des différents générateurs thermodynamiques sur la boucle.

$$\phi_{rejet\_totBE\_ch}(h) = \sum_{gnr \in GBE} MIN(0; \phi_{rejet}^{gnr}(h)) \quad (965)$$

$$\phi_{rejet\_totBE\_fr}(h) = \sum_{gnr \in GBE} MAX(0; \phi_{rejet}^{gnr}(h)) \quad (966)$$

La quantité d'énergie totale transférée sur la boucle est la suivante :

$$Q_{transfert\_BE}(h) = MIN(\phi_{rejet\_totBE\_ch}(h); \phi_{rejet\_totBE\_fr}(h)) \times R_{eff\_trBE} \quad (967)$$

Conventionnellement, l'efficacité du transfert R_{eff_trBE} est fixée à 0.8.

Les puissances à fournir par les équipements de la boucle sont alors égales à :

$$\begin{cases} Q_{sys\_BE\_ch}(h) = \phi_{rejet\_totBE\_ch}(h) - Q_{transfert\_BE}(h) \\ Q_{sys\_BE\_fr}(h) = \phi_{rejet\_totBE\_fr}(h) - Q_{transfert\_BE}(h) \end{cases} \quad (968)$$

8.15.3.5 **Chauffage et refroidissement de la boucle d'eau**

Le refroidissement de la boucle peut être assuré par tous les générateurs de froid de la méthode Th-BCE dont l'idtype est différent de 507 et dont le fluide aval est de l'eau :

- *PAC à compression électrique ou gaz eau/eau, PAC à compression électrique air/eau, PAC à compression électrique eau de nappe/eau : idtype=503*
- *Thermofrigopompe : idtype = 508*
- *PAC à absorption gaz, air/eau ou eau/eau : idtype=504*
- *Réseau de froid : idtype = 601*
- *Tout système générateur de froid intégré en tant que Titre V dont le fluide aval est l'eau*

Le refroidissement de la boucle peut aussi être assuré par une tour de refroidissement, modélisée déjà modélisée dans la partie source amont de la boucle d'eau.

Le chauffage de la boucle peut être assuré par tous les générateurs de chaleur de la méthode Th-BCE dont l'idtype est différent de 507 et dont le fluide aval est de l'eau:

- *Chaudière standard au gaz : idtype = 100*
- *Chaudière basse température au gaz : idtype = 101*
- *Chaudière à condensation au gaz : idtype = 102*
- *Chaudière standard au fioul : idtype = 200*
- *Chaudière à condensation au fioul : idtype = 201*
- *Chaudière au bois : idtype = 400*
- *PAC à compression électrique eau/eau, PAC à compression électrique air/eau, PAC à compression électrique eau de nappe/eau : idtype=503*
- *PAC à absorption gaz, air/eau ou eau/eau : idtype=504*
- *Thermofrigopompe : idtype = 508*
- *Réseau de chaleur : idtype = 600*
- *Système de cogénération : idtype = 700*
- *Tout système générateur de chaud intégré en tant que Titre V dont le fluide aval est l'eau*

8.15.3.6 Description du générateur de chauffage de la boucle d'eau

La description du générateur de chauffage de la boucle est réalisée par introduction dans la génération d'un générateur de chauffage autre qu'une PAC sur boucle d'eau ($id_{fougen} = 1$ et $idtype \neq 507$). Ce générateur est décrit sous la forme d'un composant à part entière créé au niveau de la génération.

La première étape est le calcul de la température de fonctionnement (aval) du générateur de chauffage sur boucle d'eau. A défaut d'informations sur le type et le dimensionnement de la boucle d'eau, on l'estime sur la base de la température de boucle d'eau au jour considéré, en considérant qu'elle obéit à une loi de proportionnalité par rapport la charge du générateur (la référence étant P_{ngen}).

$$\theta_{aval\_chaudBE}(h) = \text{MIN} \left[\theta_{max\_rech\_BE}; \theta_{be}(j) + \frac{Q_{sys\_BE\_ch}(h) + Q_{rep\_ch}(h-1)}{P_{ngen}} \times (\theta_{max\_rech\_BE} - \theta_{be}(j)) \right] \quad (969)$$

L'algorithme d'appel de ce générateur est le suivant :

$$id_{fonction} = 1 \quad (970)$$

- **Hors saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) \neq 1$
Le générateur est désactivé pour le poste considéré.

- **En saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) = 1$
Soir le générateur gnr de chauffage de la boucle d'eau :
Charge du générateur (971)

$$Q_{req} = Q_{sys\_BE\_ch}(h) + Q_{rep\_ch}(h-1)$$

$$Q_{rest} = 0$$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_chaudBE}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

$$\begin{cases} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \cdot \tau_{charge} \end{cases} \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff\_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{cases}$$

Calcul horaire de l'énergie reportée (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le générateur de chauffage)

$$Q_{rep\_ch}(h) = Q_{rest}$$

8.15.3.7 Description du générateur de froid de la boucle d'eau

La description du générateur de refroidissement de la boucle est réalisée par introduction dans la génération d'un générateur de refroidissement autre qu'une PAC sur boucle d'eau ($id_{fougen} = 2$ et $idtype \neq 507$) ou bien par une tour de refroidissement. Ce générateur est décrit sous la forme d'un composant à part entière créé au niveau de la génération, sauf pour la tour de refroidissement qui n'est pas un générateur à part entière et qui est décrit dans la source amont.

8.15.3.7.1 Composant tour de refroidissement

La tour de refroidissement obéit à la description d'un générateur standard, avec un jeu de données de sortie standard. La description de ses caractéristiques se fait dans l'objet source amont.

La modélisation du comportement de la tour est basée sur un calcul horaire de la température d'eau en sortie de la tour θ_{es_tour} . On fait l'hypothèse qu'en sortie de la tour de refroidissement l'eau a atteint à un écart de $\Delta\theta_{tour}$ près la température extérieure (tour sèche : $id_{tour} = 2$) ou la température humide de l'air en sortie de la tour (tour humide : $id_{tour} = 1$).

Si la source de refroidissement de la boucle d'eau n'est pas une tour de refroidissement, on a : $id_{tour} = 0$: Autre. Dans ce cas, la source de froid est un générateur de froid $id_{type} \neq 507$.

L'algorithme de calcul de θ_{es_tour} est celui décrit dans la fiche « C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques ».

Une fois cette étape réalisée, on détermine la consommation d'énergie de la tour de refroidissement par l'algorithme suivant :

- **Hors saison de fonctionnement** : $Aut_{fr}(j) \neq 1$

La tour de refroidissement est désactivée pour le poste considéré.

- **En saison de fonctionnement** : $Aut_{fr}(j) = 1$

La puissance maximale de refroidissement pouvant être fournie par la tour de refroidissement est calculée en considérant que l'eau pénètre par un piquage dans la tour à la température moyenne d'eau de la boucle d'eau $\theta_{amont}(h)$ et en ressort à la température θ_{es_tour} . Le débit est supposé égal au débit nominal $q_{v,nom,tour}$. Etant donné la plage de température d'eau au cours de ce processus d'échange, la masse volumique de l'eau est considérée constante.

Charge de la tour de refroidissement

$$Q_{req} = Q_{sys\_BE\_fr}(h) + Q_{rep\_fr}(h - 1) \quad (972)$$

$$Q_{rest} = 0$$

On caractérise la tour de refroidissement à la manière d'un générateur :

Description des performances de la tour de refroidissement

$$P_{max} = q_{v,nom,tour} \cdot \rho_{eau} \cdot C_{pe} \cdot MAX(0; \theta_{amont}^{SA}(h) - \theta_{es\_tour})$$

$$\begin{aligned}
Q_{fou} &= \text{MIN}(Q_{req}; P_{max}) \\
\tau_{charge} &= \frac{Q_{fou}}{P_{max}} \\
Q_{rest} &= Q_{req} - Q_{fou} \\
\text{Consommation de la tour de refroidissement} \\
\begin{cases} W_{pompes\_tour} = P_{pompes\_tour} \times \tau_{charge} \\ W_{vent\_tour} = P_{vent\_tour} \times \tau_{charge} \end{cases} \\
Q_{cons} &= W_{pompes\_tour} + W_{vent\_tour} \\
\text{Remplissage de la matrice des consommations de la tour de refroidissement} \\
Q_{cef(2;5)} &= Q_{cons}
\end{aligned} \tag{973}$$

On définit ensuite le jeu de données de sortie de la tour à la manière d'un générateur :

Définition du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement de la tour de refroidissement :

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

$$\begin{cases} \{Q_{cef(2;enr)}^{gnr}(h)\} = \{Q_{cef(2;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) = Q_{cons} \\ Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) = \tau_{charge} \end{cases} \tag{974}$$

Note : l'ensemble des autres données de description du fonctionnement ne concernent pas la tour de refroidissement et sont maintenues nulles tout le long de la simulation.

Calcul horaire de l'énergie reportée (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le générateur de chauffage)

$$Q_{rep\_fr}(h) = Q_{rest}$$

8.15.3.7.2 Composant générateur de froid autre

La première étape est le calcul de la température de fonctionnement (aval) du générateur de refroidissement sur boucle d'eau. A défaut d'informations sur le type et le dimensionnement de la boucle d'eau, on l'estime sur la base de la température de boucle d'eau au jour considéré, en considérant qu'elle obéit à une loi de proportionnalité par rapport la charge du générateur (la référence étant P_{ngen}).

Dans ce cas, dans la source amont, on a : $id_{tour} = 0$: Autre, et le générateur de froid pris en compte est le générateur de froid dont $id_{type} \neq 507$.

(975)

$$\theta_{aval\_froid}(h) =$$

$$\text{MIN} \left[\theta_{\min\_fr\_BE}; \theta_{be}(j) + \frac{Q_{sys\_BE\_fr}(h) + Q_{rep\_fr}(h-1)}{P_{ngen}} \times (\theta_{\min\_fr\_BE} - \theta_{be}(j)) \right]$$

L'algorithme d'appel de ce générateur est le suivant :

$$id_{fonction} = 2 \quad (976)$$

- **Hors saison de fonctionnement :** $Aut_{fr}(j) \neq 1$
Le générateur est désactivé pour le poste considéré.

- **En saison de fonctionnement :** $Aut_{fr}(j) = 1$
Soit le générateur gnr de refroidissement de la boucle d'eau :
Charge du générateur

$$Q_{req} = Q_{sys\_BE\_fr}(h) + Q_{rep\_fr}(h-1) \quad (977)$$

$$Q_{rest} = 0$$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur (les sorties du générateur en question $id_{type} \neq 507$ sont reprises)

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(po;en)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ \phi_{vc} \end{bmatrix} = \text{AppelGénérateur} \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_frBE}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

$$\begin{cases} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \cdot \tau_{charge} \end{cases} \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff\_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{cases}$$

Calcul horaire de l'énergie reportée (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le générateur de refroidissement)

$$Q_{rep\_fr}(h) = Q_{rest}$$

8.16 C_GEN_Transferts entre locaux par les générateurs DRV ou thermofrigopompes

8.16.1 INTRODUCTION

Certains systèmes de traitement des ambiances permettent des transferts d'énergie entre des locaux dans des situations thermiques différentes. Il peut y avoir transfert d'énergie entre des locaux en demande de froid et d'autres en demande de chaud via le système, ce qui permet de réduire la demande aux générateurs.

On vise ici :

- les systèmes à débit de réfrigérant variable :

Un système de conditionnement d'air DRV utilise une unité intérieure (évaporateur en refroidissement, condenseur en chauffage) pour chaque local. Ces unités sont directement alimentées par le fluide frigorigène. Les unités intérieures sont raccordées au groupe extérieur par une conduite frigorifique principale composée de deux ou trois tubes.

Le chauffage de certaines zones et le refroidissement d'autres peuvent être réalisés à l'aide de ce système.

Ces systèmes sont traités comme une génération air / air complétée par la détermination des transferts possibles entre locaux.

- les thermofrigopompes :

La thermofrigopompe est constituée d'un groupe frigorifique eau / eau. L'installation comprend également les réseaux de distribution, le circuit de captage et les pompes.

Ce système est traité comme une machine eau / eau complétée par la détermination de la récupération.

8.16.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 109 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul des transferts.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Pour le calcul de rejet	Q_{cons}	Energie consommé par un générateur hors auxiliaires, après appel en refroidissement.	Wh
	Q_{fou}	Energie fournie par le générateur après appel en refroidissement (variable local)	Wh
Pour le bilan du transfert entre locaux	$Q_{fou\_fr}^{gnr}(h)$	Energie fournie pour le poste refroidissement par le générateur gnr par poste au pas de temps h.	Wh
	Q_{req}	Demande en énergie pour un générateur, avant appel en chauffage.	Wh

Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	R_{et}^{gnr} (conventionnel)	Rendement de récupération du rejet en chaud des générateurs de type thermofrigopompes ou DRV.	Ent.	0	1	0.6

Variables internes			
	Nom	Description	Unité
Variables locales	$id_{fonction}$	Indicateur d'usage d'un générateur. $1 : Chauffage$ $2 : Refroidissement$ $3 : ECS$	Ent
	R_{pui_dispo}	Ratio de puissance disponible pour le générateur.	Réel
	$\{Q_{cef(poste;en)}\}$	Matrice (3;6) de sortie d'un générateur permettant la concaténation de la matrice des consommations.	Wh
	Q_{cons}	Energie consommé par un générateur hors auxiliaires propres.	Wh
	Q_{fou}	Energie fournie par le générateur.	Wh
	$W_{aux,pro}$	Consommations électrique des auxiliaires propres à un générateur.	Wh
	T_{charge}	Taux de charge d'un générateur vers l'ambiance.	Réel

Φ_{rejet}	Rejet d'un générateur thermodynamique (valeur positive en refroidissement).	Wh
Φ_{vc}	Pertes thermiques d'un générateur vers l'ambiance.	Wh
Q_{req} (ou Q_{req_ch} et Q_{req_ecs})	Demande en énergie pour un générateur.	Wh
Q_{rest} (ou Q_{rest_ch} et Q_{rest_ecs})	Demande(s) en énergie non-assurée(s) par un générateur.	Wh
Q_{prelec}	Energie électrique produite par un générateur.	Wh

Sorties

Nom	Description	Unité
$\Phi_{rejet\_expCH}^{gnr}(h)$	Rejet en chaud du générateur <i>gnr</i> DRV ou thermofrigopompe exploitable en chauffage.	W
$Q_{cons}^{gnr}(h)$	Energie consommée hors auxiliaires du générateur <i>gnr</i> .	Wh
$W_{aux}^{gnr}(h)$	Consommation électrique globale des auxiliaires du générateur <i>gnr</i> .	Wh
$Q_{prelec}^{gnr}(h)$	Energie électrique produite pas le générateur <i>gnr</i> au pas de temps h.	Wh
$Q_{fou\_ch}^{gnr}(h)$	Energie fournie en chauffage par le générateur <i>gnr</i> par poste au pas de temps h.	Wh
$\eta_{eff\_ch}^{gnr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en chauffage.	Réel
$\Phi_{rejet}^{gnr}(h)$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh
$W_{aux,pro}^{gnr}(h)$	Consommations électrique des auxiliaires propres au générateur <i>gnr</i> .	Wh
$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge du générateur <i>gnr</i> .	Réel
$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du générateur <i>gnr</i> vers l'ambiance.	Wh

Tableau 109 : Nomenclature du modèle

8.16.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Les générateurs à DRV et les thermofrigopompes sont des générateurs thermodynamiques réversibles (idfougen = 4 : chauffage et refroidissement).

La modélisation est fondée sur une première évaluation de l'état du générateur en refroidissement, puis une prise en compte du chauffage sur la base du rejet énergétique :

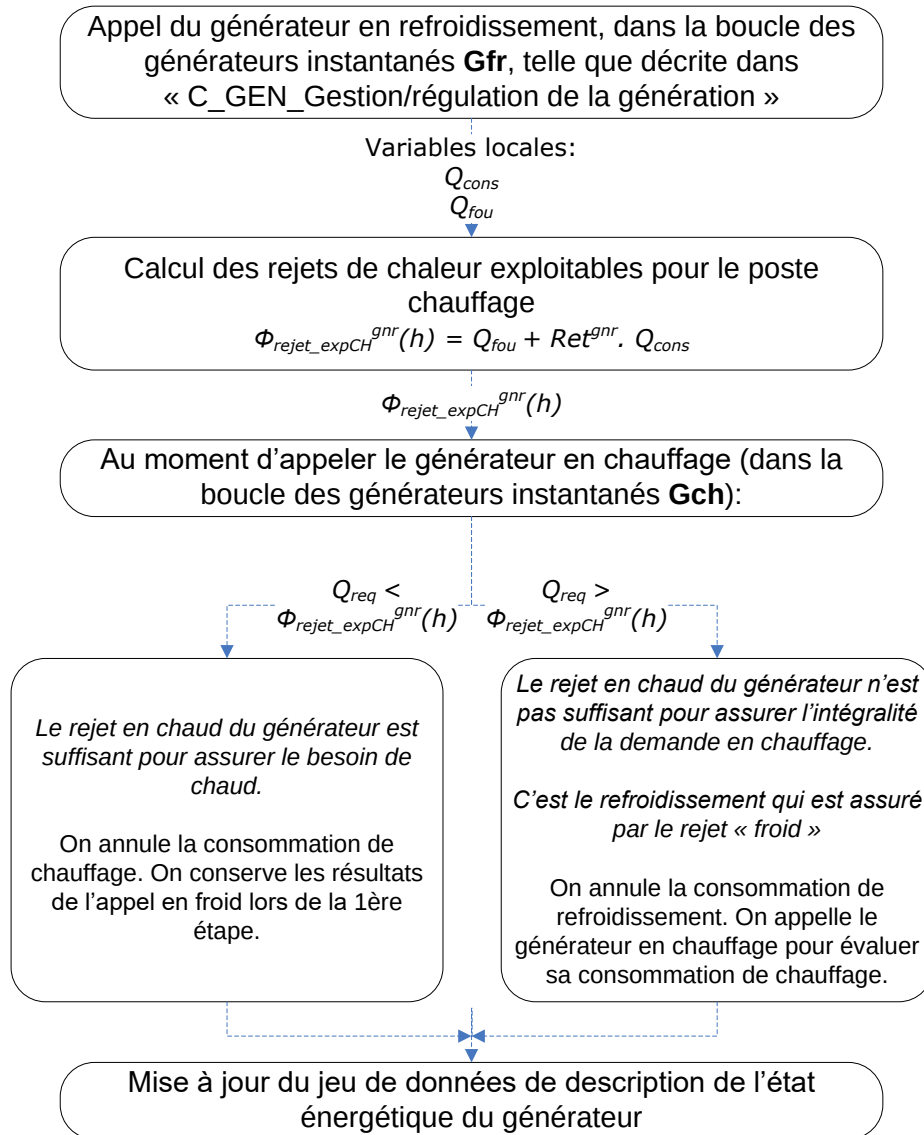


Figure 106: Description du processus de calcul horaire des transferts d'énergie par les générateurs DRV et thermofrigopompes

8.16.3.1 Calcul de rejet de chaleur exploitable en chauffage

Le rejet de chaleur est calculé sur la base d'un rendement de récupération conventionnel, une fois les performances du générateurs évaluées en refroidissement :

$$\phi_{rejet\_expCH}^{gnr}(h) = Q_{fou} + Ret^{gnr} \cdot Q_{cons} \quad (978)$$

8.16.3.2 *Modification de la boucle d'appel en chauffage pour la réalisation du bilan d'échange des générateurs DRV ou thermofrigopompes*

L'algorithme suivant remplace l'algorithme générique d'appel d'un élément de l'ensemble des générateurs de chauffage de la génération (voir « C_GEN_Gestion/régulation de la génération »).

BOUCLE EN COURS : générateur $gnr \in G_{ch}$ tel que gnr est de type DRV ou thermofrigopompes (979)

...

Définition du Q_{req} selon le mode de gestion de la génération voir « C_GEN_Gestion/régulation de la génération »).

Si $Q_{req} > \phi_{rejet\_exp\ CH}^{gnr}(h)$ ou ($Q_{req} = 0$ et $\phi_{rejet\_exp\ CH}^{gnr}(h) = 0$), alors, (le rejet en chaud du générateur n'est pas suffisant pour assurer l'intégralité de la demande en chauffage. C'est donc le refroidissement qui est assuré par le rejet froid).

Remise à zéro des sorties horaires du générateur pour effacer le comportement précédemment calculé en froid :

$$\begin{cases} \{Q_{cef(2;enr)}^{gnr}(h)\} = \{0\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) = 0 \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) = 0 \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) = 0 \end{cases} \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) = 0 \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) = 0 \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) = 0 \\ W_{aux}^{gnr}(h) = 0 \end{cases}$$

Note : l'énergie fournie en froid $Q_{fou\_fr}^{gnr}(h)$ est maintenue à sa valeur, car elle est fournie par le rejet froid du générateur.

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$i_{fonction} = 1$$

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix}$$

Report de puissance (n'est utilisé qu'en mode de gestion en cascade)

$$Q_{req} = Q_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche »

$$\left\{ \begin{array}{l} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\}+ = \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h)+ = Q_{cons} \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h)+ = Q_{prelec} \\ \tau_{ch\ arg\ e}^{gnr}(h)+ = R_{pui\_dispo} \cdot \tau_{ch\ arg\ e} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \phi_{vc}^{gnr}(h)+ = \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h)+ = W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h)+ = W_{aux,pro} \\ \eta_{eff\_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{array} \right.$$

Calcul du rejet corrigé par l'énergie dispensée en froid :

$$\phi_{rejet}^{gnr}(h) = \phi_{rejet} - Q_{fou\_fr}^{gnr}(h)$$

Sinon, (le rejet en chaud du générateur est suffisant pour assurer le besoin de chaud :

$$Q_{req} \leq \phi_{rejet\_exp\ CH}^{gnr}(h).$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) = Q_{req} \\ Q_{req} = 0 \\ Q_{rest} = 0 \end{array} \right.$$

Calcul du rejet corrigé par l'énergie dispensée en chaud :

$$\phi_{rejet}^{gnr}(h)+ = -Q_{fou\_ch}^{gnr}(h)$$

SUITE DE LA BOUCLE sur G_{ch}

8.17 C_GEN_Gestion/régulation de la génération

8.17.1 INTRODUCTION

On appelle génération l'ensemble de générateurs fournissant conjointement de l'énergie pour un ou plusieurs usages.

La gestion/régulation de la génération réalise à chaque pas de temps la répartition de la demande en énergie sur les différents générateurs associés.

La demande en énergie peut provenir :

- Des émetteurs des différents groupes, au travers des réseaux de distribution ;
- Des CTA (préchauffage, pré-refroidissement, humidification, antigel), au travers des réseaux de distribution ;
- Des émetteurs d'ECS, au travers des réseaux de distribution ;
- D'une boucle d'eau (la modélisation des générateurs thermodynamiques de cette dernière est à part).

Un générateur peut avoir les fonctions suivantes :

- Chauffage seul ;
- Refroidissement seul ;
- Production d'ECS seule ;
- Chauffage et ECS ;
- Chauffage et refroidissement en alternance.

Les performances du ou des générateurs sont définies à l'échelle des fiches composant générateur. Les ballons de stockage et leurs équipements associés (base et appoint) sont également vus comme des générateurs du point de vue de la gestion/régulation.

Trois modes de régulation globale de la génération sont considérés – valables aussi bien pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS. À ces derniers, il faut ajouter la modélisation de la régulation locale des ballons de stockage, qui est décrite au niveau des assemblages associés.

Les modes de régulation sont les suivants :

1. Sans priorité

Pour chaque usage, les générateurs sont utilisés simultanément, pour des durées équivalentes. La demande en énergie est répartie entre les différents générateurs au prorata de leur puissance nominale.

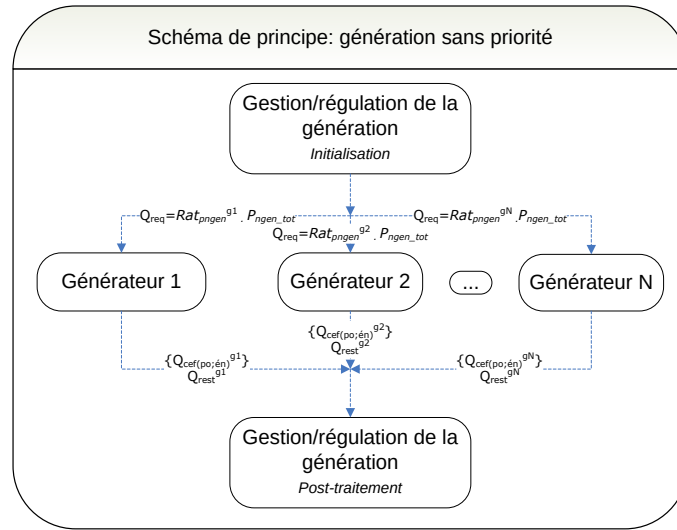


Figure 107 : Génération sans priorité

2. En cascade

Un ordre de priorité des générateurs est défini en fonction de leurs performances. Le générateur prioritaire est sollicité jusqu'à sa puissance maximale ; la puissance restante est attribuée au générateur suivant dans la hiérarchie jusqu'à atteindre sa puissance maximale, et ainsi de suite. L'ordre de priorité est défini au travers des paramètres $id_{priorite\_ch}^{gnr}$, $id_{priorite\_fr}^{gnr}$ et $id_{priorite\_ecs}^{gnr}$.

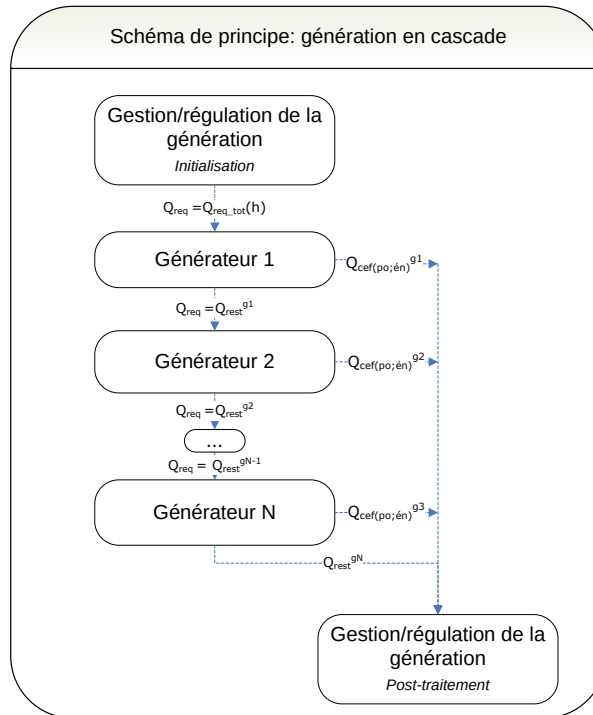


Figure 108 : Génération en cascade

3. En alternance

On sollicite alternativement les différents générateurs (seul ou plusieurs) pour n'utiliser que la

combinaison la mieux dimensionnée par rapport à la charge. La priorisation se fait sur la base des paramètres P_{ngen}^{gnr} de chaque générateur. Dans ce mode, les générateurs sont triés par ordre de puissances nominales décroissantes. Par exemple, sur un ensemble de 3 générateurs (le générateur 1 étant le plus puissant) :

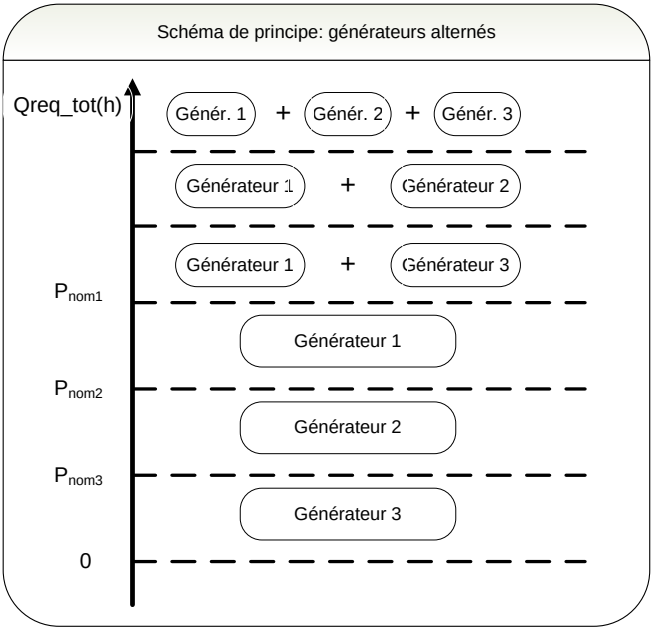


Figure 109 : Génération en alternance

Note : pour simplifier l'écriture, dans tout le reste de la fiche, le symbole « $Y += X$ » est à comprendre par « le terme de droite X est ajouté au terme de gauche Y ».

8.17.2 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calculs de gestion/régulation de la génération.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation. Par distribution intergroupe, on entend distributions intergroupes reliées à des distributions des groupes et distribution intergroupes de CTA.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h	°C
E. tamp.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon	Réel
Réseaux intergroupes CH/FR et ECS	$\theta_{max\_ch}^{dp}(h)$ ou $\theta_{max\_ch}^{dCTA}(h)$	Température maximale de la distribution intergroupe en chauffage	°C
	$\theta_{max\_fr}^{dp}(h)$ ou $\theta_{max\_fr}^{dCTA}(h)$	Température minimale de la distribution intergroupe en refroidissement	°C
	$Rat_{bes\_ch}^{dp,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe relié à un réseau primaire sur la somme de tous les besoins de chauffage du réseau primaire	Réel
	$Rat_{bes\_fr}^{dp,gr}(h)$	Ratio des besoins de refroidissement d'un groupe relié à un réseau primaire sur la somme de tous les besoins de refroidissement du réseau primaire	Réel
	$Rat_{bes\_ecs}^{dp-e,gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à un réseau primaire sur la somme de tous les besoins d'ECS du réseau primaire	Réel
	$Q_{sys\_ch}^{dp}(h)$ ou $Q_{sys\_ch}^{dCTA}(h)$	Besoins horaires en chauffage augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes de chauffage	Wh
	$Q_{sys\_fr}^{dp}(h)$ ou $Q_{sys\_fr}^{dCTA}(h)$	Besoins horaires en refroidissement augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes	Wh
	$Q_{sys\_ecs}^{dp-e}(h)$	Besoins horaires en ECS augmentés des pertes totales de distribution pour les différents réseaux intergroupes d'ECS	Wh
	$W_{rechauff-e}^{dp-e}(h)$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
	$\theta_{moy}^{dp}(h)$ ou $\theta_{moy}^{dCTA}(h)$	Températures moyennes des différents réseaux de chauffage et de refroidissement	°C
	$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h)$	Température équivalente d'air vue par la distribution intergroupes	°C
	$\theta_{moy}^{dp-e}(h)$	Températures moyennes des différents réseaux intergroupes d'ECS	°C
	$Ia_{encl}^{dp-e}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement du réseau intergroupe	Bool
	$A_{dess\_ch}^{dp}$ ou $A_{dess\_ech}^{dCTA}$	Surface totale desservie par la distribution intergroupe, en chauffage	m ²
	$A_{dess\_fr}^{dp}$ ou $A_{dess\_fr}^{dCTA}$	Surface totale desservie par la distribution intergroupe, en refroidissement	m ²
	$A_{dess\_ecs}^{dp-e}$	Surface totale desservie par la distribution intergroupe, en ECS	m ²

Dét. des saisons syst.	$Aut_{ch}^{gen}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement de la génération en chauffage	Bool .
	$Aut_{fr}^{gen}(j)$	Indicateur de saison de fonctionnement de la génération en refroidissement	Bool .
	$id_{relance}^{dp}$ ou $id_{relance}^{dCTA}$	Indicateurs de période de relance pour les différents réseaux intergroupes de chaud et de froid	Bool .
Report d'énergie	$Q_{rep\_ch}^{gen,gr}(h-1)$	Demande en énergie totale de chauffage de la génération reportée au pas de temps h	Wh
	$Q_{rep\_fr}^{gen,gr}(h-1)$	Demande en énergie totale de refroidissement de la génération reportée au pas de temps h	Wh
	$Q_{rep\_ecs}^{gen,gr}(h-1)$	Demande en énergie totale d'ECS de la génération reportée au pas de temps h (dans le cas d'un générateur instantané)	Wh

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Distribution intergroupe	$id_{fonction}^{dp}$	Fonction du réseau de distribution intergroupe connecté à la génération : - 1 : Chauffage ; - 2 : Refroidissement ; - 3 : ECS	Entier	1	3	
	id_{type}^{dp}	Type de réseau de distribution intergroupe : - 0 : réseau de distribution fictif ; - 1 : réseau de distribution hydraulique	Entier	0	1	
	id_{type}^{gnr}	Type du générateur	Entier	1	1 000	
	$id_{fluide-aval}^{gnr}$	Type de fluide aval du générateur : - 1 : Eau ; - 2 : Air ; - 3 : Autre fluide	Entier	1	3	
	id_{fougen}^{gnr}	Fonction du générateur gnr compris dans la génération : - 1 : Chauffage ; - 2 : Refroidissement ; - 3 : ECS ; - 4 : Chauffage et ECS ; - 5 : Chauffage et refroidissement	Entier	1	5	
	$id_{hivernal}^{gnr}$	Type de générateur gnr si sa fonction est seulement l'ECS : - 1 : Hivernal/Estivale (toute l'année) ; - 2 : Hivernal ; - 3 : Estival	Entier	1	3	
	$id_{priorite\_ch}^{gnr}$	Indice de priorité en chauffage du générateur gnr	Entier	1	$+\infty$	
Générateurs	$id_{priorite\_fr}^{gnr}$	Indice de priorité en refroidissement du générateur gnr	Entier	1	$+\infty$	
	$id_{priorite\_ecs}^{gnr}$	Indice de priorité en ECS du générateur gnr	Entier	1	$+\infty$	
	$P_{ngen\_ch}^{gnr}$	Puissance fournie nominale du générateur en chauffage et ECS	W	1	$+\infty$	

ECS	Fonctionnement enGénération chauffage	$P_{ngen\_fr}^{gnr}$	Puissance fournie nominale du générateur en refroidissement	W	1	$+\infty$	
		θ_{min}^{gnr}	Température minimale de fonctionnement du générateur <i>gnr</i>	°C	0	100	
		θ_{max}^{gnr}	Température maximale de fonctionnement du générateur <i>gnr</i>	°C	0	100	
		$id_{type\_priorite}^{gen}$	Priorité de fonctionnement des générateurs pour la génération : - 1 : Sans priorité ; - 2 : Générateurs en cascade ; - 3 : Générateurs en alternance	Entier	1	3	
		$N_{basculement\_init}^{gen}$	Mode de gestion alterné : nombre d'heure de non-utilisation provoquant la coupure d'un générateur	Entier	0	$+\infty$	20
		$id_{raccord\_gnr}^{gen}$	Type de raccordement des générateurs entre eux, pour un mode de gestion avec priorité : - 0 : Permanent ; - 1 : Avec isolement	Entier	0	1	
		$id_{gestion\_ch}^{gen}$	Type de gestion de la température de génération <i>gen</i> en chauffage : - 1 : fonctionnement à température moyenne constante ; - 2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution	Entier	1	2	
		$\theta_{wm\_ch}^{gen}$	Température de fonctionnement de la génération <i>gen</i> pour un fonctionnement à température constante	°C	0	100	
		$id_{gestion\_fr}^{gen}$	Type de gestion de la température de génération <i>gen</i> en refroidissement : - 1 : fonctionnement à température moyenne constante ; - 2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution	Entier	1	2	
		$\theta_{wm\_fr}^{gen}$	Température de fonctionnement de la génération <i>gen</i> pour un fonctionnement à température constante	°C	0	100	
	refroidissement	$\theta_{wm\_ecs}^{gen}$	Température de fonctionnement de la génération <i>gen</i> en ECS (conventionnel)	°C	0	100	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A^{gr}	Surface totale du groupe <i>gr</i> desservi par la génération	m ²	0	$+\infty$	
id_{pos}^{gen}	Position de la génération : - 1 : En volume chauffé ; - 0 : Hors volume chauffé	Entier	0	1	
Rat_{dim}^{gnr}	Nombre de générateurs identiques pour la génération	Réel	1	$+\infty$	
θ_{boucle_min}	Température minimale annuelle de l'eau dans la boucle	°C	$-\infty$	$+\infty$	
θ_{boucle_max}	Température maximale annuelle de l'eau dans la boucle	°C	$-\infty$	$+\infty$	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage du groupe <i>gr</i> sur l'ensemble des besoins de chauffage transmis à la génération.	Réel

Calculs groupe et transferts BE	$Rat_{bes\_fr}^{gen,gr}(h)$	Ratio des besoins de refroidissement du groupe gr sur l'ensemble des besoins de refroidissement transmis à la génération.	Réel
	$Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS du groupe gr sur l'ensemble des besoins d'ECS transmis à la génération.	Réel
	$Q_{cef(po;en)}^{gnr}(h)$	Matrice des consommations horaires en énergie finale du générateur gnr .	Wh
	$Q_{cef(po;en)}^{gnr}(h)$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
	$Q_{cons}^{gnr}(h)$	Energie consommée hors auxiliaires du générateur gnr	Wh
	$W_{aux}^{gnr}(h)$	Consommation électrique globale des auxiliaires du générateur gnr	Wh
	$Q_{prelec}^{gnr}(h)$	Energie électrique produite pas le générateur gnr au pas de temps h	Wh
	$Q_{fou\_ch}^{gnr}$, $Q_{fou\_fr}^{gnr}$, $Q_{fou\_ecs}^{gnr}$	Energies fournies par le générateur gnr par poste au pas de temps h	Wh
	$Q_{prelec\_tot}^{gen,gr}(h)$	Total des productions électriques de l'ensemble des générateurs de la génération	Wh
	$Q_{req\_ch}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie de chauffage au niveau de la génération gen pour le groupe gr	Wh
	$Q_{req\_fr}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie de refroidissement au niveau de la génération gen pour le groupe gr	Wh
	$Q_{req\_ecs}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie d'ECS au niveau de la génération gen pour le groupe gr	Wh
	$\eta_{eff\_ch}^{gnr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en chauffage	Réel
	$\eta_{eff\_fr}^{gnr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en refroidissement	Réel
	$\eta_{eff\_ecs}^{gnr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en ECS	Réel
	$\phi_{vc\_tot}^{gen,gr}$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération	Wh
	$Rat_{surf}^{gen,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes	Réel
	$id_{sousdim\_court\_ch}^{gnr}$	Alerte de sous-dimensionnement du générateur sur le court terme (une valeur par simulation, nul initialement) en chauffage et ECS	Bool .
	$id_{sousdim\_long\_ch}^{gnr}$	Alerte de sous-dimensionnement du générateur sur le long terme (une valeur par simulation, nul initialement) en chauffage et ECS	Bool .
Indicateurs de sous-dimensionnement	$id_{sousdim\_court\_fr}^{gnr}$	Alerte de sous-dimensionnement du générateur sur le court terme (une valeur par simulation, nul initialement) en refroidissement	Bool .
	$id_{sousdim\_long\_fr}^{gnr}$	Alerte de sous-dimensionnement du générateur sur le long terme (une valeur par simulation, nul initialement) en refroidissement	Bool .
Energie reportée	$Q_{rep\_ch}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie totale de chauffage de la génération reportée au pas de temps $h + 1$	Wh
	$Q_{rep\_fr}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie totale de refroidissement de la génération reportée au pas de temps $h + 1$	Wh

	$Q_{rep\_ecs}^{gen,gr}(h)$	Demande en énergie totale d'ECS de la génération reportée au pas de temps $h + 1$ (dans le cas d'un générateur instantané)	Wh
Variables internes			
	Nom	Description	Unité
Surfaces desservies	$Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp}$	Ratio de la surface desservie par la distribution intergroupe dp sur la surface totale desservie par la génération, en chauffage	Réel
	$Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp}$	Ratio de la surface desservie par la distribution intergroupe dp sur la surface totale desservie par la génération, en refroidissement	Réel
	$Rat_{surf\_dess\_ecs}^{dp-e}$	Ratio de la surface desservie par la distribution intergroupe dp sur la surface totale desservie par la génération, en ECS	Réel
Répartition des besoins	$Rat_{bes\_ch}^{gen,dp}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins de chauffage de cette génération	Réel
	$Rat_{bes\_fr}^{gen,dp}(h)$	Ratio des besoins de refroidissement d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins de refroidissement de cette génération	Réel
	$Rat_{bes\_ecs}^{gen,dp-e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins d'ECS de cette génération	Réel
Demandes en énergie	$Q_{req\_tot\_ar\_ch}^{gen}(h)$	Demande totale en chauffage au niveau de la génération (avec report)	Wh
	$Q_{req\_tot\_ar\_fr}^{gen}(h)$	Demande totale en refroidissement au niveau de la génération (avec report)	Wh
	$Q_{req\_tot\_ar\_ecs}^{gen}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération (avec report)	Wh
	$Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h)$	Demande totale en chauffage au niveau de la génération (sans report)	Wh
	$Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h)$	Demande totale en refroidissement au niveau de la génération (sans report)	Wh
	$Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération (sans report)	Wh
Température fonctionnement	$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage	°C
	$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h - 1)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage, au pas de temps précédent	°C
	$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en refroidissement	°C
	$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h - 1)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en refroidissement, au pas de temps précédent	°C
	$\theta_{aval\_ecs}^{gen}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en ECS	°C
	$\theta_{amb}^{gen}(h)$	Température d'ambiance de la génération	°C
Gestion sans	$P_{ngen\_tot\_ch}^{gnr}$	Puissance nominale totale en chauffage	Réel

		$P_{ngen\_tot\_fr}^{gnr}$	Puissance nominale totale en refroidissement	Réel
		$P_{ngen\_tot\_ecs}^{gnr}$	Puissance nominale totale en ECS	Réel
		$Rat_{pngen\_ch}^{gnr}$	Ratio de répartition des charges sur les différents générateurs de la génération, au prorata de leurs puissances nominales en chauffage	Réel
		$Rat_{pngen\_fr}^{gnr}$	Ratio de répartition des charges sur les différents générateurs de la génération, au prorata de leurs puissances nominales en refroidissement	Réel
		$Rat_{pngen\_ecs}^{gnr}$	Ratio de répartition des charges sur les différents générateurs de la génération, au prorata de leurs puissances nominales en ECS	Réel
Sources amonts	Alternés	$N_{basculement}^{gnr}(h)$	Compteur d'heures de basculement du générateur gnr	h
		$\theta_{amont}^{SA}(h)$	Température amont calculée au niveau d'une source amont SA donnée	°C
		$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur gnr , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C
ECS		$id_{encl}^{gen}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération en ECS	Bool.
		i_{ecs_seule}	Indicateur de production ECS seule	Bool.
		$\theta_{dist\_ch\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupes de chauffage	°C
		$\theta_{dist\_fr\_min}^{gen}$	Température minimale des réseaux de distribution en froid	°C
		$\theta_{dist\_ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération gen	°C
		$id_{fonction}^{gnr}$	Indicateur d'usage d'un générateur : - 1 : Chauffage ; - 2 : Refroidissement ; - 3 : ECS	Entier
		R_{pui_dispo}	Ratio de puissance disponible pour le générateur.	Réel
Variables locales		$Q_{cef(poste,en)}$	Matrice 3×6 de sortie d'un générateur permettant la concaténation de la matrice des consommations.	Wh
		Q_{cons}	Energie consommé par un générateur hors auxiliaires propres	Wh
		Q_{fou}	Energie fournie par le générateur	Wh
		Q_{rest}	Energie restant à fournir après utilisation d'un générateur	Wh
		$W_{aux,pro}$	Consommations électriques des auxiliaires propres à un générateur	Wh
		T_{charge}	Taux de charge d'un générateur vers l'ambiance	Réel

Variables par générateur	ϕ_{rejet}	Rejet d'un générateur thermodynamique (valeur positive en refroidissement)	Wh
	ϕ_{vc}	Pertes thermiques d'un générateur vers l'ambiance	Wh
	Q_{req} ou $(Q_{req\_ch}$ et Q_{req_ecs})	Demande en énergie pour un générateur	Wh
	Q_{rest} ou $(Q_{rest\_ch}$ et Q_{rest_ecs})	Demande(s) en énergie non-assurée(s) par un générateur	Wh
	Q_{prelec}	Energie électrique produite par un générateur	Wh
	$R_{font\_ecs}^{gnr}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale utilisé pour l'ECS du générateur <i>gnr</i>	Réel
	$\phi_{rejet\_expCH}^{gnr}(h)$	Rejet en chaud du générateur <i>gnr</i> DRV ou thermo-frigo-pompe exploitable en chauffage	W
	$\phi_{rejet}^{gnr}(h)$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps <i>h</i> (valeur positive en refroidissement)	Wh
	$\phi_{rejet}^{gnr}(h - 1)$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps <i>h - 1</i>	Wh
	$id_{a\_refroidi}^{gnr}(h)$	Indicateur précisant si le générateur <i>gnr</i> a été appelé en refroidissement au pas de temps <i>h</i>	Bool.
	$W_{aux,pro}^{gnr}(h)$	Consommations électriques des auxiliaires propres au générateur <i>gnr</i>	Wh
	$W_{aux,am}^{gnr}(h)$	Consommations électriques des auxiliaires amonts du générateur <i>gnr</i>	Wh
	$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge du générateur <i>gnr</i>	Réel
	$\phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du générateur <i>gnr</i> vers l'ambiance	Wh
	$\theta_{amb}^{gnr}(h)$	Température d'ambiance d'un générateur	°C
Sto.	$\phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques d'un ballon de stockage vers l'ambiance	Wh
Progra.	$id_{relance\_ch}^{gen}(h)$	Indicateurs de période de relance en chauffage	-
	$id_{relance\_fr}^{gen}(h)$	Indicateurs de période de relance en refroidissement	-
Sous-dimensionnement	$Nb_{sousdim\_ch}(h)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif en chauffage et/ou ECS	h
	$Nb_{sousdim\_ch}(h - 1)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif au pas de temps précédent en chauffage et/ou ECS	h
	$Nb_{sousdim\_fr}(h)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif en refroidissement	h
	$Nb_{sousdim\_fr}(h - 1)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif au pas de temps précédent en refroidissement	h

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
θ_{amb_ch}	Température d'ambiance intérieure conventionnelle lorsqu'un générateur est sollicité en chauffage	°C	20
θ_{amb_fr}	Température d'ambiance intérieure conventionnelle lorsqu'un générateur est sollicité en refroidissement	°C	26

Tableau 110 : Nomenclature du modèle

8.17.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.17.3.1 Cohérence du montage

Le montage n'est jugé cohérent que dans les conditions suivantes :

- Possibilité d'assurer la demande : au moins un des générateurs de la génération est à même de fournir chacun des usages de l'ensemble des distributions intergroupes connectées (chauffage, refroidissement et/ou ECS) ;
- Cohérence dans le type de fluide aval par poste : l'ensemble des réseaux de distribution intergroupe de chauffage sont de même type (fictif ou hydraulique, caractérisé par la valeur de id_{type}^{dp}). L'ensemble des réseaux de distribution intergroupe de refroidissement sont de même type (fictif ou hydraulique, caractérisé par la valeur de id_{type}^{dp}) ;
- Cohérence entre distributions et générateurs associés : il y a cohérence de type entre les distributions intergroupes (fictives ou hydrauliques) et les générateurs (sur fluide aval air ou eau) pour un poste donné. Ainsi :
 - Dans le cas de réseaux fictifs de chauffage, l'ensemble des générateurs de chauffage ($id_{fougen}^{gnr} = 1, 4 \text{ ou } 5$) de la génération sont sur fluide aval air ($id_{fluide-aval}^{gnr} = 2$). Dans le cas de réseaux hydrauliques de chauffage, les générateurs de chauffage sont des générateurs sur fluide aval eau ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$), à l'exception d'éventuels appoints électrique direct ($id_{type}^{gnr} = 500$) ;
 - Dans le cas de réseaux fictifs de refroidissement, l'ensemble des générateurs de refroidissement ($id_{fougen}^{gnr} = 2 \text{ ou } 5$) de la génération sont sur fluide aval air ($id_{fluide-aval}^{gnr} = 2$). Dans le cas de réseaux hydrauliques, les générateurs de refroidissement sont des générateurs sur fluide aval eau ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$) ;
 - Cas particulier des boucles d'eau : si la génération inclue une boucle d'eau, les réseaux intergroupes sont de type fictif ; les PAC sur boucle d'eau sont sur fluide aval air ($id_{fluide-aval}^{gnr} = 2$) ; les équipements qui desservent la boucle d'eau (chaudière, tour de refroidissement) sont sur fluide aval eau ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$) ;
 - L'ensemble des générateurs d'ECS ($id_{fougen}^{gnr} = 3 \text{ ou } 4$) sont des générateurs sur fluide aval eau ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$).
- Cohérence sur les températures atteintes par la distribution et les plages de fonctionnement des générateurs : dans le cas de générateurs sur fluide aval eau ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$), la plage de fonctionnement en température des générateurs est cohérente avec la plage de fonctionnement de la génération. Cette dernière doit également être cohérente avec les extrêmes de températures décrits dans la régulation des réseaux de distribution.
 - Soit les températures extrêmes rencontrées parmi les distributions intergroupes hydrauliques :

$$\theta_{dist\_ch\_max}^{gen} = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}}(\theta_{max\_ch}^{dp}) \quad (980)$$

$$\theta_{dist\_fr\_max}^{gen} = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=2}}(\theta_{max\_fr}^{dp}) \quad (981)$$

$$\theta_{dist\_ecs\_max}^{gen} = \max_{\substack{dp-e \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=3}}(\theta_{max\_ecs}^{dp-e}) \quad (982)$$

Pour chaque générateur de chauffage ($id_{fougen}^{gnr} = 1, 4$ ou 5), on vérifiera que :

Si $id_{gestion\_ch}^{gen} = 1$ et $id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$ (température constante),

$$\begin{cases} \theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{wm\_ch}^{gen} \\ \theta_{dist\_ch\_max}^{gen} \leq \theta_{wm\_ch}^{gen} \end{cases} \quad (983)$$

Si $id_{gestion\_ch}^{gen} = 2$ et $id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$,

$$\theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{dist\_ch\_max}^{gen}$$

Pour chaque générateur de refroidissement ($id_{fougen}^{gnr} = 2$ ou 5), on vérifiera que :

Si $id_{gestion\_fr}^{gen} = 1$ et $id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$ (température constante),

$$\begin{cases} \theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{wm\_fr}^{gen} \\ \theta_{dist\_fr\_max}^{gen} \leq \theta_{wm\_fr}^{gen} \end{cases} \quad (984)$$

Si $id_{gestion\_ch}^{gen} = 2$ et $id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$,

$$\theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{dist\_fr\_max}^{gen}$$

Pour chaque générateur d'ECS ($id_{fougen}^{gnr} = 3$ ou 4), on vérifiera que :

$$\begin{cases} \theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{wm\_ecs}^{gen} \\ \theta_{dist\_ecs\_max}^{gen} \leq \theta_{wm\_ecs}^{gen} \end{cases} \quad (985)$$

- Cas particulier des boucles d'eau : si la génération inclue une boucle d'eau, les équipements qui desservent la boucle d'eau ont des plages de fonctionnement cohérentes avec les extrêmes de températures de la boucle.

Pour chaque générateur de chauffage parmi ces équipement ($id_{fougen}^{gnr} = 1, 4$ ou 5), on vérifiera que :

$$\theta_{min}^{gnr} \geq \theta_{boucle\_max} \quad (986)$$

De même, pour chaque générateur de refroidissement parmi ces équipement ($id_{fougen}^{gnr} = 2$ ou 5), on vérifiera que :

$$\theta_{min}^{gnr} \leq \theta_{boucle\_min} \quad (987)$$

8.17.3.2 Liste des types de générateurs

La génération peut être composée des types de générateurs suivant :

id_{type}^{gnr}	Type associé
100	Chaudière standard au gaz

101	Chaudière basse température au gaz
102	Chaudière à condensation au gaz
103	Radiateurs gaz
104	Chauffe-eau gaz
105	Accumulateur gaz
106	Générateur d'air chaud standard
107	Générateur d'air chaud à condensation
108	Tube radiant gaz
109	Panneau radiant au gaz
200	Chaudière standard au fioul
201	Chaudière à condensation au fioul
400	Chaudière au bois
403	Poêle à bois
404	Insert (bois)
500	Générateur à effet joule direct (convecteurs, radiateurs...)
501	Générateur d'ECS électrique direct
502	Ballon électrique
503	PAC à compression électrique
504	PAC à absorption
507	PAC sur boucle d'eau
508	Thermo-frigo-pompe
509	Générateur DRV
600	Réseau de chaleur
601	Réseau de froid
700	Système de cogénération

Tableau 111 : Types de générateurs

Le type sélectionné influe sur les calculs à mener (par exemple, nécessité de réaliser les calculs de sources amont dans le cas des générateurs thermodynamiques).

8.17.3.3 *Calcul des ratios surfaciques de chacun des groupes desservis*

Un ratio surfacique est calculé afin de répartir de manière conventionnelle les pertes de la génération vers l'ambiance chauffée entre les différents groupes. Le calcul n'a lieu qu'une fois pour la simulation.

Le bâtiment où est localisée la génération (si elle se trouve en volume chauffé) a pour indice *bat*. Les pertes sont réparties entre les groupes appartenant à ce bâtiment et desservis par la génération, au prorata de leurs surfaces.

Si le groupe d'indice *gr* appartient au bâtiment d'indice *bat* :

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = \frac{A^{gr}}{\sum_{\substack{gr^* \rightarrow gen \\ gr^* \in bat}} A^{gr^*}} \quad (988)$$

Sinon,

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = 0 \quad (989)$$

On calcule également le ratio de la surface desservie par chaque distribution intergroupe sur la surface totale desservie par la génération :

$$Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp} = \frac{A_{dess\_ch}^{dp}}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess\_ch}^{dp}} \quad (990)$$

$$Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp} = \frac{A_{dess\_fr}^{dp}}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess\_fr}^{dp}} \quad (991)$$

$$Rat_{surf\_dess\_ecs}^{dp} = \frac{A_{dess\_ecs}^{dp}}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess\_ecs}^{dp}} \quad (992)$$

8.17.3.4 Déroulement des calculs horaires

Pour chacun des usages séparément (chauffage, refroidissement, ECS), les générateurs font l'objet d'une définition des priorités. L'ensemble des générateurs instantanés participant au chauffage est noté G_{ch} . On définit de même des ensembles pour le refroidissement G_{fr} et la production ECS G_{ecs} .

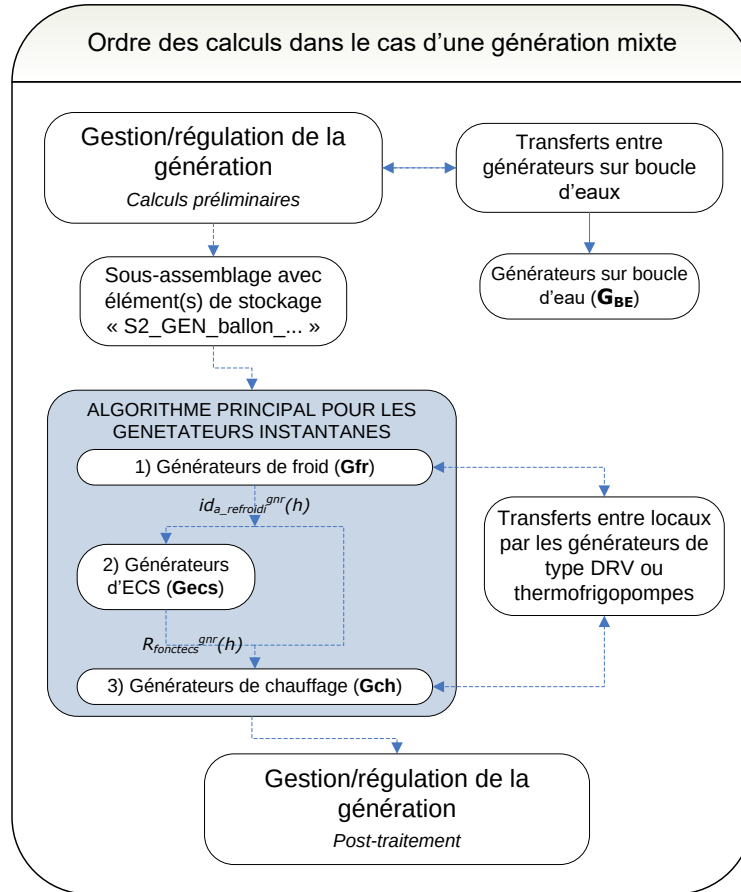


Figure 110 : Ordre des calculs dans la génération

Les hypothèses de calcul adoptées sont les suivantes :

- Les sous-assemblages avec éléments de stockage ne peuvent être inclus que dans une génération en cascade. Les générateurs de base ou d'appoint d'un ballon sont pilotés par l'élément de stockage pour le poste associé. Ils peuvent tout de même participer à la production d'énergie instantanée associée à un autre poste (par exemple : une chaudière associée à un ballon d'ECS peut être employée pour assurer également la demande de chauffage instantanée, si la puissance disponible est suffisante).
- Pour un générateur produisant à la fois l'ECS et le chauffage, la demande en ECS passe avant la demande en chauffage. Le ratio $R_{font\_ecs}^{gnr}$ est égal au temps de fonctionnement à puissance maximale d'un générateur en ECS, et permet de savoir quelle puissance est disponible pour le chauffage ($R_{font\_ch}^{gnr} = 1 - R_{font\_ecs}^{gnr}$). En l'absence de demande (charge nulle), les consommations résiduelles éventuelles sont attribuées au poste de chauffage.
- Pour un générateur mixte de froid et de chaud (chaud signifiant chauffage et/ou ECS), le fonctionnement en froid est prioritaire. Si sur un pas de temps h , des demandes en froid et en chaud sont transmises au générateur, seule la demande en froid sera assurée. L'indicateur $Id_{a\_refroidi}$ permet

d'exclure ou non le comportement en chaud. En l'absence de demande aussi bien en chaud et en froid, les consommations résiduelles éventuelles sont attribuées au poste de chauffage.

- Les générateurs mixtes de type thermo-frigo-pompes et DRV, le calcul du rejet en refroidissement (à partir d'un rendement de récupération conventionnel) permet de déterminer quel fonctionnement le générateur a adopté au cours du pas temps. Le test s'effectue au moment de calculer les consommations de chauffage.

8.17.3.5 *Calculs préliminaires*

8.17.3.5.1 Initialisation du jeu de données par générateur

Le jeu de données décrivant complètement le fonctionnement monoposte ou multipostes d'un générateur à un pas de temps donné, indiqué par les indices *gnr*, est le suivant :

$$\begin{cases} Q_{cef(1;ener)}^{gnr}(h) \\ Q_{cons}^{gnr}(h) \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) \end{cases} \begin{cases} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) \\ W_{aux}^{gnr}(h) \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) \end{cases} \begin{cases} \eta_{eff\_ch}^{gnr}(h) \\ \eta_{eff\_fr}^{gnr}(h) \\ \eta_{eff\_ecs}^{gnr}(h) \\ id_{a\_refroidi}^{gnr} \\ R_{fonct\_ecs}^{gnr} \end{cases}$$

Figure 111 : Jeu de données de description du fonctionnement d'un générateur

À chaque début de pas de temps, ces variables sont initialisées à 0.

8.17.3.5.2 Calcul des demandes totales horaires en chauffage, refroidissement et ECS

Les demandes totales d'énergie horaires par poste sont utilisées pour la répartition des charges au sein de la génération.

$$Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h) = \sum_{dp \in gen} Q_{sys\_ch}^{dp}(h) \quad (993)$$

$$Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h) = - \sum_{dp \in gen} Q_{sys\_fr}^{dp}(h) \quad (994)$$

$$Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h) = \sum_{dp \in gen} Q_{sys\_ecs}^{dp}(h) \quad (995)$$

8.17.3.5.3 Clés de répartition de la demande en énergie par distribution intergroupe

Une génération peut assurer les demandes de plusieurs distributions intergroupes de chaud, de froid ou d'ECS. Pour ces trois postes, le ratio calculé ci-dessous exprime le pourcentage de demande d'énergie d'une distribution intergroupe par rapport à la totalité des demandes d'énergie de ce poste au niveau de la génération.

$$\text{Si } Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h) > 0, \text{ alors,} \quad (996)$$

$$Rat_{bes\_ch}^{gen,dp}(h) = \frac{Q_{sys\_ch}^{dp}(h)}{Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h)}$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_ch}^{gen,dp}(h) = Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp}(h)$$

Si $Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes\_fr}^{gen,dp}(h) = \frac{-Q_{sys\_fr}^{dp}(h)}{Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h)} \quad (997)$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_fr}^{gen,dp}(h) = Rat_{surf\_dess\_fr}^{dp}(h)$$

Si $Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes\_ecs}^{gen,dp-e}(h) = \frac{Q_{sys\_ecs}^{dp-e}(h)}{Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h)} \quad (998)$$

Sinon,

$$Rat_{bes\_ecs}^{gen,dp-e}(h) = Rat_{surf\_dess\_ecs}^{dp-e}(h)$$

8.17.3.5.4 Clés de répartition de la demande en énergie par groupe desservi

Ces calculs sont nécessaires à la détermination des saisons de fonctionnement en chauffage et refroidissement :

$$Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h) = \sum_{dp \rightarrow gr} Rat_{bes\_ch}^{gen,dp}(h) \times Rat_{bes\_ch}^{dp,gr}(h) \quad (999)$$

$$Rat_{bes\_fr}^{gen,gr}(h) = \sum_{dp \rightarrow gr} Rat_{bes\_fr}^{gen,dp}(h) \times Rat_{bes\_fr}^{dp,gr}(h) \quad (1000)$$

$$Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h) = \sum_{dp-e \rightarrow gr} Rat_{bes\_ecs}^{gen,dp-e}(h) \times Rat_{bes\_ecs}^{dp-e,gr}(h) \quad (1001)$$

$$Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h) \times Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1002)$$

$$Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h) \times Rat_{bes\_fr}^{gen,gr}(h) \quad (1003)$$

$$Q_{req,ecs}^{gen,gr}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h) \times Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1004)$$

8.17.3.5.5 Indicateur de relance de la génération

La génération fonctionne en mode relance lorsque au moins un des groupes connectés est en période de relance :

$$id_{relance\_ch}^{gen}(h) = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}}(id_{relance}^{dp}(h)) \quad (1005)$$

$$id_{relance\_fr}^{gen}(h) = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=2}}(id_{relance}^{dp}(h)) \quad (1006)$$

8.17.3.5.6 Gestion de la relance pour le chauffage

Identification du générateur avec $id_{relance\_ch}^{gen}(h)$ le plus élevé pour chaque génération.

Si mode de gestion (idtype_prioritegen =2) cascade et $id_{relance\_ch}^{gen}(h)=True$:

Pour le pas de temps (h), la chaleur fournie (Q_fou) et la consommation (Q_Cef_Ch) du générateur avec id_(priorite_ch)^gnr plus élevé n'est pas pris en compte.

8.17.3.5.7 Période d'activation de la génération en ECS

La production d'ECS de la génération est activée tant qu'au moins un des groupes connectés est en période de fonctionnement ECS :

$$id_{encl}^{gen}(j) = \max_{\substack{dp-e \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=3}}(id_{encl}^{dp-e}(j)) \quad (1007)$$

8.17.3.5.8 Température ambiante de la génération

La température ambiante de la génération influe sur le calcul des pertes pour certains types de générateurs (générateurs à combustion). Elle dépend de l'emplacement de la génération (hors ou en volume chauffé). Conventionnellement, en volume chauffé, on considérera une température de 20°C en saison de chauffage, 26°C en période de refroidissement, et 23°C en période mixte.

Cas $id_{pos}^{gen} = 1$ (en volume chauffé),

Si $Aut_{ch}^{gen}(j) = 1$ et $Aut_{fr}^{gen}(j) = 0$, alors

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{amb\_ch}$$

Si $Aut_{ch}^{gen}(j) = 0$ et $Aut_{fr}^{gen}(j) = 1$, alors

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{amb\_fr}$$

Sinon

$$\theta_{amb}(h) = \frac{\theta_{amb\_ch} + \theta_{amb\_fr}}{2}$$

Sinon (hors volume chauffé),

Si $Aut_{ch}^{gen}(j) = 1$ et $Aut_{fr}^{gen}(j) = 0$, alors

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + [1 - b_{therm}(h)] \times \theta_{amb\_ch}$$

Si $Aut_{ch}^{gen}(j) = 0$ et $Aut_{fr}^{gen}(j) = 1$, alors

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + [1 - b_{therm}(h)] \times \theta_{amb\_fr}$$

Sinon

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + [1 - b_{therm}(h)] \times \frac{\theta_{amb\_ch} + \theta_{amb\_fr}}{2}$$

8.17.3.5.9 Prise en compte des sources amont des générateurs

Les sources amont ne concernent que les générateurs thermodynamiques ou générateurs matrices dont le comportement dépend d'une température amont (types 503 à 509).

La fiche « C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques » se décompose en deux sous-fonctions. L'une permettant le calcul de la température amont du générateur en fonction des conditions extérieures.

Les températures de sources amont horaires sont calculées une fois pour l'ensemble des générateurs thermodynamiques associés à une même source amont :

$$\theta_{amont}^{SA}(h) = CalculTempAmont(\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)) \quad (1008)$$

Pour tout générateur relié à la source amont : $\theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}^{SA}(h)$

8.17.3.5.10 Températures de fonctionnement de la génération

La température de fonctionnement est la température moyenne départ/retour aux bornes de la génération.

Pour chaque poste, les températures de fonctionnement sont conventionnellement communes à tous les générateurs d'une génération, à l'exception des générateurs associés à des ballons de stockage.

En production ECS instantanée, la température de fonctionnement est la suivante :

$$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h) = \theta_{wm\_ch}^{gen} \quad (1009)$$

En chauffage et refroidissement instantanés :

- Pour une génération alimentant des réseaux hydrauliques, cette température de fonctionnement peut être soit constante, soit égale à celle des réseaux à tout pas de temps h ;
- Pour une génération sur l'air ambiant, la température de fonctionnement retenue est la température d'air moyenne de l'ensemble des groupes desservis.

8.17.3.5.10.1 Générations alimentant des réseaux hydrauliques ($id_{type}^{dp} = 1$)

La génération peut :

- Fonctionner à température constante tout au long de la période de chauffage ;
- Adapter sa température de fonctionnement selon le paramétrage défini au niveau des réseaux de distribution de chauffage et de refroidissement. Dans ce deuxième cas, la période de relance se traduit par un fonctionnement à température maximale.

Lors d'un report de demande en énergie non-assurée, on conserve pour le calcul des performances la température au pas de temps précédent.

En chauffage, si les réseaux sont de type hydraulique :

$$\text{Si } id_{gestion\_ch}^{gen} = 1, \text{ alors,} \quad (1010)$$

$$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h) = \theta_{wm\_ch}^{gen}$$

Sinon,

Si $id_{relance\_ch}^{gen}(h) = 1$ (relance de chauffage), alors,

$$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h) = \theta_{dist\_ch\_max}^{gen}$$

Sinon,

Si $Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h) = 0$ et $Q_{req\_tot\_ar\_ch}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h) = \theta_{aval\_ch}^{gen}(h - 1)$$

Sinon

$$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h) = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}} \theta_{moy}^{dp}(h)$$

En refroidissement, si les réseaux sont de type hydraulique :

Si $id_{gestion\_fr}^{gen} = 1$, alors,

$$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h) = \theta_{wm\_fr}^{gen}$$

Sinon,

Si $id_{relance\_fr}^{gen}(h) = 1$ (relance de chauffage), alors,

$$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h) = \theta_{dist\_fr\_max}^{gen}$$

(1011)

Sinon,

Si $Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h) = 0$ et $Q_{req\_tot\_ar\_fr}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h) = \theta_{aval\_fr}^{gen}(h - 1)$$

Sinon

$$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h) = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}} \theta_{moy}^{dp}(h)$$

8.17.3.5.10.2 Générations sur air (réseaux fictifs : $id_{type}^{dp} = 0$)

La température de fonctionnement est calculée au prorata des températures d'air équivalentes vues par les différentes distributions intergroupes. Il peut s'agir des températures d'air ambiantes ou des températures au niveau des batteries de préchauffage ou prérefroidissement des CTA.

En chauffage, si les réseaux sont de type fictif :

$$\theta_{aval\_ch}^{gen}(h) = \sum_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}} Rat_{bes\_ch}^{gen,dp}(h) \times \theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) \quad (1012)$$

En refroidissement, si les réseaux sont de type fictif :

$$\theta_{aval\_fr}^{gen}(h) = \sum_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=2}} Rat_{bes\_fr}^{gen,dp}(h) \times \theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) \quad (1013)$$

8.17.3.5.11 Cas particulier des générations de type boucle d'eau

Les générations de type boucle d'eau sont décrites séparément, dans « C_Gen_Transferts entre générateurs sur boucles d'eau ». Les étapes du calcul préliminaire explicitées dans les chapitres 8.17.3.5.1 à 8.17.3.5.10 sont cependant effectuées comme pour une génération classique.

On applique également l'étape de post-traitement des données telle que décrite dans la partie 8.17.3.9.

8.17.3.5.12 Demandes en énergie par poste en incluant le report de demande

Les demandes totales d'énergie horaires par poste sont utilisées pour la répartition des charges au sein de la génération. De manière générale, elles sont corrigées pour prendre en compte les éventuels reports d'énergie au pas de temps précédent.

$$Q_{req\_tot\_ar\_ch}^{gen}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h) + Q_{req\_ch}^{gen}(h - 1) \quad (1014)$$

$$Q_{req\_tot\_ar\_fr}^{gen}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_fr}^{gen}(h) + Q_{req\_fr}^{gen}(h - 1) \quad (1015)$$

$$Q_{req\_tot\_ar\_ecs}^{gen}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h) + Q_{req\_ecs}^{gen}(h - 1) \quad (1016)$$

8.17.3.6 Prise en compte des sous-assemblages avec éléments de stockage

Une génération peut contenir un sous-assemblage avec ballon(s) de stockage, ayant des fonctions de chauffage, refroidissement ou ECS.

Les systèmes de stockage ne peuvent être inclus que dans une génération régulée en cascade ($id_{type\_priorite}^{gen} = 2$: Générateurs en cascade). Dans tous les cas, le sous-assemblage avec ballon(s) se placent en premier générateur invoqué pour répondre à une demande en énergie (prioritaire).

Les différentes configurations modélisables sont décrites dans les fiches « S2_GEN_ballon... ». Un sous-assemblage peut contenir un à deux générateurs utilisés pour fournir l'énergie au(x) ballon(s) de stockage : on parle de générateur **base** et **appoint**.

Pour chacun de ces deux générateurs, le jeu de données de fonctionnement horaire est mis à jour au sein de ces assemblages.

Note : le jeu de données est à nouveau mis à jour par la suite dans les cas de générateurs multipostes.

Dans le cas d'une génération en volume chauffé, les pertes du ballon de stockage vers l'ambiance, $\phi_{vc}^{sto}(h)$, viennent s'ajouter à celles de la génération.

8.17.3.7 Algorithme principal pour les générateurs instantanés

8.17.3.7.1 Généralités

Les trois modes de régulation de la génération sont les suivants (selon valeur de $id_{priorite\_ch}^{gnr}$, $id_{priorite\_fr}^{gnr}$ ou $id_{priorite\_ecs}^{gnr}$).

- 1 : Sans priorité ;
- 2 : Générateurs en cascade ;
- 3 : Générateurs en alternance.

Ces trois modes sont valables aussi bien pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS instantanés (hors ballons de stockage).

On désigne la fonction générique d'appel d'un générateur par *AppelGénérateur* :

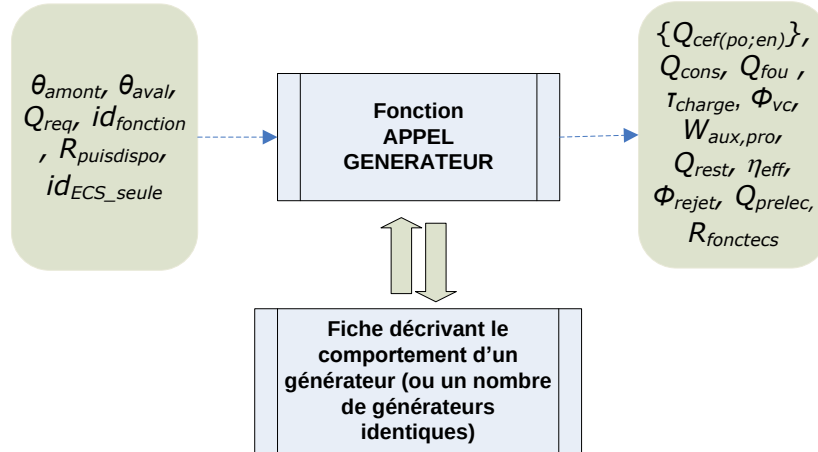


Figure 112 : Description de la fonction d'appel d'un générateur (*AppelGénérateur*)

Chaque générateur est décrit par un processus propre, décrit sous la forme d'une fiche algorithme (voir les différents chapitres associés). Les générateurs peuvent avoir des comportements différents selon la fonction qu'ils ont à assurer : c'est alors $id_{fonction}^{gnr}$ qui pilote le calcul à réaliser.

8.17.3.7.2 Description des algorithmes correspondant aux différents modes de gestion

Les algorithmes seront décrits avec l'indice $[po.]$ (*signifiant poste*), pouvant représenter les indices *ch*, *fr* ou *ecs*. Les paragraphes spécifiques à l'un ou l'autre des usages sont précisés.

On notera $G_{[po.]}$ l'ensemble des générateurs (ou systèmes de stockage, dans le cadre d'une gestion en cascade) participant à la fourniture du poste $[po.]$.

Note : la puissance nominale d'un générateur en chauffage et/ou ECS est un paramètre commun, étant donné que ces fonctions sont couplées.

Pour les générateurs réversibles (générateurs thermodynamiques), deux puissances nominales différentes sont nécessaires.

8.17.3.7.2.1 Mode de gestion sans priorité ($id_{type\_priorite}^{gen} = 1$)

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : en début de simulation, initialisation des clés de répartition entre générateurs pour chaque poste :

$$P_{ngen\_tot\_ [po.]} = \sum_{gnr \in G_{[po.]}} R_{dim}^{gnr} \times P_{ngen\_ [po.]}^{gnr} \quad (1017)$$

$$Rat_{pngen\_ [po.]}^{gnr}(h) = \frac{R_{dim}^{gnr} \times P_{ngen\_ [po.]}^{gnr}}{P_{ngen\_ tot\_ [po.]}^{gnr}} \quad (1018)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs selon un mode de gestion sans priorité en ECS : la demande est répartie au prorata des puissances nominales.

$$id_{fonction}^{gnr} = 3 \quad (1019)$$

- **Hors période d'activation** ($id_{encl}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **Au cours de la période d'activation** ($id_{encl}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ecs}$

Charge du générateur (corrigée pour les générateurs ayant refroidi, $I_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$)

$$Q_{req} = [1 - i_{a\_refroidi}^{gnr}(h)] \times \frac{Rat_{pngen\_ecs}^{gnr}}{\sum_{gnrk \in G_{ecs}} [1 - i_{a\_refroidi}^{gnrk}(h)] \times Rat_{pngen\_ecs}^{gnrk}} \times Q_{req\_tot\_ar\_ecs}^{gen}(h) \quad (10)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (20)$$

Si $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) \neq 1$ (le générateur disponible car il n'a pas assuré le refroidissement), alors

Calcul de i_{ecs_seule} :

$$i_{ecs\_seule} = 0$$

Si $id_{fougen}^{gnr} = 3$ ou $Aut_{ch}^{gen}(j) = 0$, alors $i_{ecs\_seule} = 1$

$$i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 0$$

Si ($i_{hivernal}^{gnr} = 1$ et $I_{mois} \in \{1,2,3,4,5,10,11,12\}$) ou ($i_{hivernal}^{gnr} = 2$ et $I_{mois} \in \{5,6,7,8,9,10\}$), alors $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$

Si $i_{hivernal}^{gnr} = 0$ alors $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$

Si $Q_{req\_ecs}^{gen,gr}(h) > 0$ ou $i_{ecs\_seule} = 1$ et $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$ alors,

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct\_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{pmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui\_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs\_seule} \end{pmatrix}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases} \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_ecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h) += R_{fonct\_ecs} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ecs}$

ou FIN DE LA BOUCLE

ETAPE 3 : appel des générateurs selon un mode de gestion sans priorité en **refroidissement** : la demande est répartie au prorata des puissances nominales.

$$id_{fonction}^{gnr} = 2 \quad (1022)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{fr}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{fr}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{fr}$

Charge du générateur

$$Q_{req} = \frac{Rat_{pngen\_fr}^{gnr}}{\sum_{gnrk \in G_{fr}} Rat_{pngen\_fr}^{gnrk}} \times Q_{req\_tot\_ar\_fr}^{gen}(h) \quad (10)$$

(23)

$$Q_{rest} = 0$$

(10)

(24)

Si $Q_{req} > 0$ ou $id_{fougen}^{gnr} \neq 5$ ou $Aut_{ch}^{gen}(j) \neq 1$, (la demande en énergie est non-nulle, ou le générateur réversible est comptabilisé en refroidissement).

Indicateur de refroidissement :

Si $Q_{req} > 0$ alors $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1 - R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui\_dispo} > 0$ (si la puissance disponible n'est pas nulle), alors,

Appel du générateur et définition des variables locales

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_fr}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_fr}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{[po.]}$

ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 4** : appel des générateurs selon un mode de gestion sans priorité en **chauffage** : la demande est répartie au prorata des puissances nominales.

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (1025)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ch}$

Charge du générateur (corrigée pour les générateurs ayant refroidi, $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$)

$$Q_{req} = [1 - i_{a\_refroidi}^{gnr}(h)] \times \frac{Rat_{pngen\_ch}^{gnr}}{\sum_{gnrk \in G_{ch}} [1 - i_{a\_refroidi}^{gnrk}(h)] \times Rat_{pngen\_ch}^{gnrk}} \times Q_{req\_tot\_ar\_ch}^{gen}(h) \quad (1026)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (1027)$$

Note : à partir de cette ligne, pour les cas particuliers des générateurs thermo-frigo-pompes ($id_{type}^{gnr} = 508$) et DRV ($id_{type}^{gnr} = 509$) : se référer à la fiche « C_Gen_Transferts entre locaux par les générateurs DRV et thermofrigopompes » pour l'algorithme de la boucle.

Si $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) \neq 1$ (le générateur disponible car il n'a pas assuré le refroidissement), alors

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1 - R_{fonct\_ecs}^{gnr}$$

Si $R_{pui\_dispo} > 0$ (si la puissance disponible n'est pas nulle), alors,

Appel du générateur et définition des variables locales

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_fr}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$

ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 5** : calcul horaire de l'énergie reportée pour le poste considéré

$$Q_{rep\_po.}^{gen,gr}(h) = Q_{req\_tot\_ar\_po.}^{gen}(h) - \sum_{gnr \in G_{po.}} Q_{fou\_po.}^{gnr}(h) \quad (1028)$$

8.17.3.7.2.2 Mode de gestion en cascade ($id_{type\_priorite}^{gen} = 2$)

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep\_tot\_ar\_po.}^{gen,gr}(h) \quad (1029)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep\_tot\_ar\_po.}^{gen,gr}(h) \quad (1030)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs en ECS selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 3 \quad (1031)$$

- **Hors période d'activation** ($id_{encl}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **Au cours de la période d'activation** ($id_{encl}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ecs}$ tel que $id_{priorite\_ecs}^{gnr} = 1$

Si $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) \neq 1$ (le générateur disponible car il n'a pas assuré le refroidissement), alors

Calcul de i_{ecs_seule} :

$$i_{ecs\_seule} = 0$$

Si $id_{fougen}^{gnr} = 3$ ou $Aut_{ch}^{gen}(j) = 0$, alors $i_{ecs\_seule} = 1$

$$i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 0$$

Si ($i_{hivernal}^{gnr} = 1$ et $I_{mois} \in \{1,2,3,4,5,10,11,12\}$) ou ($i_{hivernal}^{gnr} = 2$ et $I_{mois} \in \{5,6,7,8,9,10\}$), alors

$$i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$$

Si $i_{hivernal}^{gnr} = 0$ alors $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$

Si $Q_{req} > 0$ ou $i_{ecs\_seule} = 1$ et $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$ alors,

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(3,en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct\_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{pmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui\_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs\_seule} \end{pmatrix}$$

Report de puissance

$$R_{req} = R_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_ecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h) += R_{fonct\_ecs} \end{array} \right.$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ecs}$, tel que $id_{priorite\_ecs}^{gnr'}$ premier indicateur supérieur à $id_{priorite\_ecs}^{gnr}$ parmi les générateurs de G_{ecs}
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 3** : appel des générateurs en **refroidissement** : selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 2 \quad (1032)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{fr}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{fr}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{fr}$ tel que $id_{priorite\_fr}^{gnr} = 1$

Si $Q_{req} > 0$ ou $id_{fougen}^{gnr} \neq 5$ ou $Aut_{ch}^{gen}(j) \neq 1$, (la demande en énergie est non-nulle, ou la consommation à charge nulle du générateur réversible est comptabilisé en refroidissement car on se situe en hors période de chauffage).

Indicateur de refroidissement :

Si $Q_{req} > 0$, alors,

$$i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1 - R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui\_dispo} > 0$ (si la puissance disponible n'est pas nulle), alors,

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGenerateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_fr}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Report de puissance

$$R_{req} = R_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_fr}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{array} \right.$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{fr}$, tel que $id_{priorite\_fr}^{gnr'}$ premier indicateur supérieur à $id_{priorite\_fr}^{gnr}$ parmi les générateurs de G_{fr}
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 4** : appel des générateurs en **chauffage** selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (1033)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ch}$ tel que $id_{priorite\_ch}^{gnr} = 1$

Si $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) \neq 1$ (le générateur disponible car il n'a pas assuré le refroidissement et il est sollicité), alors

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1 - R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui\_dispo} > 0$ (si la puissance disponible n'est pas nulle), alors,

Appel du générateur

$$\left[\begin{array}{c} Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{array} \right] = AppelGenerateur \left(\left[\begin{array}{c} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui\_dispo} \end{array} \right] \right)$$

Report de puissance

$$R_{req} = R_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_fr}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{array} \right.$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$, tel que $id_{priorite\_ch}^{gnr'}$ premier indicateur supérieur à $id_{priorite\_ch}^{gnr}$ parmi les générateurs de G_{ch}
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 5** : calcul horaire de l'énergie reportée pour le poste considéré (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le dernier générateur de la cascade) :

$$Q_{rep\_po.}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (1034)$$

8.17.3.7.2.3 Mode de gestion en alternance ($id_{type\_priorite}^{gen} = 3$)

Ce mode de gestion décrit le fonctionnement en alternance d'un ensemble de générateurs pour un poste donné, ou éventuellement une fonction biposte chauffage et ECS.

Dans tous les cas, on impose une **vérification supplémentaire de cohérence du montage** : tous les générateurs doivent avoir le même id_{fougen}^{gnr} , et il ne peut pas s'agir de $id_{fougen}^{gnr} = 4$ (chauffage et refroidissement).

Pour ce mode de gestion, un tri préalable des générateurs est effectué : l'indice $gnr = 1$ est attribué au générateur de puissance nominale la plus élevée, et ainsi de suite.

8.17.3.7.2.3.1 Cas d'une génération monoposte refroidissement

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep\_tot\_ar\_fr}^{gen,gr}(h) \quad (1035)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep\_tot\_ar\_fr}^{gen,gr}(h) \quad (1036)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs en **refroidissement** selon leurs disponibilités pour le poste unique donné :

$$id_{fonction}^{gnr} = 2 \quad (1037)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{fr}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{fr}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{fr}$ de plus grande puissance nominale,

Compteur de basculement :

Si $Q_{req} \leq Rat_{dim}^{gnr} \times P_{ngen\_fr}^{gnr+1}$ (le générateur est surdimensionné par rapport à la demande), alors,

$$N_{basculement}^{gnr}(h) = \max(0; N_{basculement}^{gnr}(h-1) - 1)$$

Sinon

$N_{basculement}^{gnr}(h) = N_{basculement\_init}^{gnr}$ (le compteur de basculement marche /arrêt est réinitialisé)

Algorithme principal

Si $N_{basculement}^{gnr}(h) > 0$ (le générateur est activé), alors,

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Indicateur de fonctionnement en froid

$$i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct\_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{pmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui\_dispo} \end{pmatrix}$$

Report de puissance

$$Q_{req} = Q_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{effecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

Mise à jour de l'énergie reportée

$$Q_{rest} = Q_{req}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{fr}$, puissance inférieure à celle de gnr

ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 3** : calcul horaire de l'énergie reportée

$$Q_{rep\_fr}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (1038)$$

8.17.3.7.2.3.2 Cas d'une génération monoposte ECS

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep\_tot\_ar\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1039)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep\_tot\_ar\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1040)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs de production d'ECS selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 3 \quad (1041)$$

- **Hors période d'activation** ($id_{encl}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **Au cours de la période d'activation** ($id_{encl}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ecs}$ de plus grande puissance nominale,

Compteur de basculement :

Si $Q_{req} \leq Rat_{dim}^{gnr} \times P_{ngen\_ecs}^{gnr+1}$ (le générateur est surdimensionné par rapport à la demande), alors,
 $N_{basculement}^{gnr}(h) = \max(0; N_{basculement}^{gnr}(h-1) - 1)$

Sinon

$N_{basculement}^{gnr}(h) = N_{basculement\_init}^{gnr}$ (le compteur de basculement marche /arrêt est réinitialisé)

Algorithme principal

$i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 0$

Si ($i_{hivernal}^{gnr} = 1$ et $I_{mois} \in \{1,2,3,4,5,10,11,12\}$) ou ($i_{hivernal}^{gnr} = 2$ et $I_{mois} \in \{5,6,7,8,9,10\}$), alors
 $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$

Si $i_{hivernal}^{gnr} = 0$ alors $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$

Si $N_{basculement}^{gnr}(h) > 0$ (le générateur est activé) et $i_{ecs\_fonction}^{gnr} = 1$, alors,

Calcul du ratio de puissance disponible

$R_{pui\_dispo} = 1$

Calcul de i_{ecs_seule} :

$i_{ecs\_seule} = 1$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct\_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{pmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui\_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs\_seule} \end{pmatrix}$$

Report de puissance

$Q_{req} = Q_{rest}$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases} \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{effecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h) += R_{fonct\_ecs} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

Mise à jour de l'énergie reportée

$Q_{rest} = Q_{req}$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ecs}$, puissance inférieure à celle de gnr
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 3** : calcul horaire de l'énergie reportée

$$Q_{rep\_ecs}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (1042)$$

8.17.3.7.2.3.3 Cas d'une génération monoposte chauffage

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep\_tot\_ar\_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1043)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep\_tot\_ar\_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1044)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs de production de **chauffage** selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (1045)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ch}$ de plus grande puissance nominale,

Compteur de basculement :

Si $Q_{req} \leq Rat_{dim}^{gnr} \times P_{ngen\_ch}^{gnr+1}$ (le générateur est surdimensionné par rapport à la demande), alors,

$$N_{basculement}^{gnr}(h) = \max(0; N_{basculement}^{gnr}(h-1) - 1)$$

Sinon

$N_{basculement}^{gnr}(h) = N_{basculement\_init}^{gnr}$ (le compteur de basculement marche /arrêt est réinitialisé)

Algorithme principal

Si $N_{basculement}^{gnr}(h) > 0$ (le générateur est activé), alors,

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct\_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Report de puissance

$$Q_{req} = Q_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{effecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

Mise à jour de l'énergie reportée

$$Q_{rest} = Q_{req}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$, puissance inférieure à celle de gnr
ou FIN DE LA BOUCLE

-
- **ETAPE 3** : calcul horaire de l'énergie reportée

$$Q_{rep\_ch}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (1046)$$

8.17.3.7.2.3.4 Cas d'une génération double postes chauffage et ECS ($id_{fougen}^{gnr} = 4$)

Le cas chauffage/ECS est particulier, dans la mesure où c'est la demande totale (chauffage + ECS) qui va décider de quelle configuration de générateurs utiliser. L'algorithme n'entre donc pas dans le cas général.

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req\_ecs} = Q_{req\_tot\_ar\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1047)$$

$$Q_{rest\_ecs} = Q_{req\_tot\_ar\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1048)$$

$$Q_{req\_ch} = Q_{req\_tot\_ar\_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1049)$$

$$Q_{rest\_ch} = Q_{req\_tot\_ar\_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1050)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs en cascade selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (1051)$$

- **Hors saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) \neq 1$ et $id_{encl}^{gen}(j) \neq 1$) : Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- **En saison de fonctionnement** ($Aut_{ch}^{gen}(j) = 1$ ou $id_{encl}^{gen}(j) = 1$) :

DEBUT DE LA BOUCLE

Générateur $gnr \in G_{ch}$ de plus grande puissance nominale,

Compteur de basculement :

Si $Q_{req\_ch} + Q_{req\_ecs} \leq Rat_{dim}^{gnr} \times P_{ngen\_ch}^{gnr+1}$ (le générateur est surdimensionné par rapport à la demande), alors,

$$N_{basculement}^{gnr}(h) = \max(0; N_{basculement}^{gnr}(h-1) - 1)$$

Sinon

$N_{basculement}^{gnr}(h) = N_{basculement\_init}^{gnr}$ (le compteur de basculement marche /arrêt est réinitialisé)

Algorithme principal

Si $N_{basculement}^{gnr}(h) > 0$ (le générateur est activé), alors,

Calcul de i_{ecs_seule} :

$$i_{ecs\_seule} = 0$$

$Aut_{ch}^{gen}(j) = 0$, alors, $i_{ecs\_seule} = 1$

Calcul du ratio de puissance disponible (partie ECS)

$$R_{pui\_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct\_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{pmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui\_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs\_seule} \end{pmatrix}$$

Post-traitement du générateur (partie ECS) :

$$\begin{cases} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases} \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_ecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ R_{fonct\_ecs}^{gnr}(h) += R_{fonct\_ecs} \end{cases}$$

Report de puissance

$$Q_{req\_ecs} = Q_{rest\_ecs}$$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1 - R_{font\_ecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui\_dispo} > 0$ et si $i_{ecs\_seule} = 0$, alors,

Appel du générateur en chauffage

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{pmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui\_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs\_seule} \end{pmatrix}$$

Post-traitement du générateur (partie chauffage) :

$$\begin{cases} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \times \tau_{charge} \end{cases} \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff\_ecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

Report de puissance

$$Q_{req\_ch} = Q_{rest\_ch}$$

Mise à jour de l'énergie reportée

$$Q_{rest\_ch} = Q_{req\_ch}$$

$$Q_{rest\_ecs} = Q_{req\_ecs}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{[po.]}$, puissance inférieure à celle de gnr
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 3** : calcul horaire de l'énergie reportée

$$\begin{aligned} Q_{rep\_ch}^{gen,gr}(h) &= Q_{rest\_ch} \\ Q_{rep\_ecs}^{gen,gr}(h) &= Q_{rest\_ecs} \end{aligned} \quad (1052)$$

8.17.3.8 **Calculs des auxiliaires amont des générateurs**

La fiche « *C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques* » décrit le calcul des puissances des auxiliaires amont en fonction de la charge des différents générateurs thermodynamiques reliés.

Le calcul est réalisé après finalisation des algorithmes de gestion des priorités, pour l'ensemble des générateurs tels que $id_{source\_amont}^{gnr} = 1$, uniquement pendant les périodes de fonctionnement du générateur :

Soit l'ensemble des générateurs $gnr = 1 \text{ à } N$ associés à la source amont SA

$$[W_{aux,am}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} = CalculAuxAmont^{SA} \left([\tau_{charge}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} \right) \quad (1053)$$

La consommation des auxiliaires amont est ajoutée à celle des auxiliaires, ainsi qu'à la matrice de consommations du générateur au prorata des charges dans les différents postes.

$$W_{aux}^{gnr,gr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (1054)$$

Si $i_{a\_refroidi}^{gnr}(h) = 1$, alors,

$$Q_{cef(2;50)}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon,

Si $\tau_{charge}^{gnr}(h) > 0$, alors,

$$\begin{aligned} Q_{cef(2;50)}^{gnr}(h) &+= \left[1 - \frac{R_{font\_ecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \right] \times W_{aux,am}^{gnr}(h) \\ Q_{cef(3;50)}^{gnr}(h) &+= \frac{R_{font\_ecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \times W_{aux,am}^{gnr}(h) \end{aligned} \quad (1055)$$

Sinon (en l'absence de charge sur le générateur),

Si $id_{fougen}^{gnr} = 3$ ou $Aut_{ch}^{gen}(j) = 0$ (équivalent à $id_{ecs\_seule} = 1$), alors,

$$Q_{cef(3;50)}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon,

$$Q_{cef(1;50)}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

8.17.3.9 **Post traitement**

8.17.3.9.1 **Calculs pour la génération**

La matrice des consommations par énergie et par poste de la génération est obtenue par sommations des matrices des consommations de chacun des générateurs (voir Tableau 111).

La consommation du réchauffeur de boucle de la distribution intergroupe d'ECS est ajoutée dans la matrice de consommation de la génération.

$$Q_{cef(po.;en.)}^{gen}(h) = \sum_{gnr \in gen} Q_{cef(po.;en.)}^{gnr}(h) \quad (1056)$$

$$Q_{cef(3;50)}^{gen}(h) += \sum_{dp-e \in gen} W_{rechauffe}^{dp-e}(h) \quad (1057)$$

Les pertes vers la génération et la production totale d'électricité (cogénération) sont sommées sur les générateurs :

$$\begin{cases} \phi_{vc\_tot}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} \phi_{vc}^{gnr}(h) + \sum_{sto \in gen} \phi_{vc}^{sto}(h) \\ Q_{prelec\_tot}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} Q_{prelec}^{gnr}(h) \end{cases} \quad (1058)$$

8.17.3.9.2 Sous-dimensionnement de la génération en chauffage et/ou production d'ECS

Les indicateurs de sous-dimensionnement de la génération sont communs au chauffage et à l'ECS. Ils ne concernent que les générateurs (le sous-dimensionnement des ballons de stockage est évaluée séparément).

Le nombre d'heures de sous-dimensionnement permet de déclencher les alertes dans le cas où la capacité de la génération est dépassée sur de longues périodes :

Si $(Q_{rep\_ch}(h) > 0$ ou $Q_{rep\_ecs}(h) > 0$) et $id_{relance\_ch}^{gen}(h) = \text{False}$, alors,

$$Nb_{soudim\_ch}(h) = Nb_{soudim\_ch}(h - 1) + 1 \quad (1059)$$

Sinon,

$$Nb_{soudim\_ch}(h) = 0$$

À partir de 6 heures de sous-dimensionnement successives, on considère qu'il y a sous-dimensionnement :

Si $Nb_{soudim\_ch}(h) > 6$, alors,

$$id_{soudim\_court\_ch}^{gnr} = 1 \quad (1060)$$

À partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

Si $Nb_{soudim\_ch}(h) > 72$, alors,

$$id_{soudim\_long\_ch}^{gnr} = 1 \quad (1061)$$

8.17.3.9.3 Sous-dimensionnement de la génération en refroidissement

Les indicateurs de sous-dimensionnement de la génération sont communs au chauffage et à l'ECS. Ils ne concernent que les générateurs (le sous-dimensionnement des ballons de stockage est évaluée séparément).

Le nombre d'heures de sous-dimensionnement permet de déclencher les alertes dans le cas où la capacité de la génération est dépassée sur de longues périodes :

Si $Q_{rep\_fr}(h) > 0$, alors,

$$Nb_{soudim\_fr}(h) = Nb_{soudim\_fr}(h - 1) + 1 \quad (1062)$$

Sinon,

$$Nb_{soudim\_fr}(h) = 0$$

À partir de 6 heures de sous-dimensionnement successives, on considère qu'il y a sous-dimensionnement :

Si $Nb_{soudim\_fr}(h) > 6$, alors,

$$id_{soudim\_court\_fr}^{gnr} = 1 \quad (1063)$$

À partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

Si $Nb_{soudim\_fr}(h) > 72$, alors,

$$id_{soudim\_long\_fr}^{gnr} = 1 \quad (1064)$$

8.18 C_GEN_Générateur direct à effet joule

8.18.1 INTRODUCTION

Les générateurs directs électriques à effet joule sont modélisés comme des générateurs parfaits, à rendement unitaire.

Ces générateurs sont notamment à employer pour modéliser les appoints électriques des systèmes thermodynamiques ou solaires.

8.18.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 112 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
Q_{req}	Demande en énergie transmise au générateur via la gestion/régulation de la génération.	Wh
$id_{fonction}$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le Q_{req} (1 : <i>chauffage</i> , 2 : <i>refroidissement</i> , 3 : <i>ECS</i>), pour les générateurs multi-fonctions.	Ent

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{fougen}	Fonction du générateur : - 1 : <i>Chauffage</i> , - 2 : <i>Refroidissement</i> , - 3 : <i>ECS</i> , - 4 : <i>Chauffage et ECS</i> - 5 : <i>Chauffage et refroidissement</i> .	Ent	1	5	
id_{engen}	Energie principale du générateur.	Ent	10	69	
P_{ngen}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur.	W	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur au pas de temps h .	Wh
T_{charge}	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel

Q_{rest}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh
$W_{aux,pro}$	Consommations d'auxiliaire au pas de temps h.	Wh
Φ_{vc}	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises vers l'ambiance chauffée.	Wh
η_{eff}	Ratio d'efficacité du générateur (rendement)	Réel
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS à charge maximale au pas de temps h.	Réel

Variables internes

Nom	Description	Unité
Φ_{threac}	Pertes thermiques effectives du générateur vers l'ambiance au pas de temps h.	Wh

Tableau 112 : Nomenclature du modèle

8.18.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.18.3.1 Paramétrage

Le générateur à effet joule correspond au type 500.

Les valeurs de id_{fougen} autorisées pour un générateur à effet joule sont :

- 1 : Chauffage
- 3 : ECS

Un générateur à effet joule ne peut pas avoir une fonction mixte de chauffage et d'ECS.

8.18.3.2 Calcul en chauffage

8.18.3.2.1 Calcul de l'efficacité, des pertes et de la consommation d'auxiliaire

Les générateurs direct à effet joule sont conventionnellement modélisés par des générateurs parfaits, sans pertes ni consommations d'auxiliaires :

$$\begin{aligned}\eta_{gnr} &= 1 \\ W_{aux,pro} &= 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{threacat} &= 0 \text{ (Wh)}\end{aligned}\tag{1065}$$

8.18.3.2.2 Puissance maximale disponible

La puissance nominale fournie par le générateur à effet joule est égale à sa puissance nominale. Elle ne dépend pas des conditions extérieures :

$$P_{max} = P_{ngen}\tag{1066}$$

8.18.3.2.3 Calcul de la consommation, des pertes vers l'ambiance et de l'énergie reportée

$$\begin{aligned}Q_{fou} &= \text{MIN}(Q_{req}; P_{max}) \\ Q_{cons} &= Q_{fou}\end{aligned}\tag{1067}$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{cons}\tag{1068}$$

$$T_{charge} = \frac{Q_{fou}}{P_{max}}\tag{1069}$$

$$\Phi_{vc} = 0 \text{ (Wh)}\tag{1070}$$

8.18.3.3 Calcul en ECS

Le calcul est identique à celui en chauffage (voir 8.18.3.2).

On rajoute le calcul du ratio de fonctionnement en ECS :

$$R_{fonctecs} = T_{charge}\tag{1071}$$

8.18.3.4 *Matrice des consommations du générateur*

La consommation en énergie finale du générateur est insérée dans la case correspondant à l'usage (chauffage ou ECS) et au type d'énergie « 50 : électricité ».

<i>En Wh</i>	<i>10:Gaz</i>	<i>20:Fioul</i>	<i>30: Charbon</i>	<i>40: Bois</i>	<i>50: Electricité</i>	<i>60: Réseau</i>
<i>1 : Chauffage</i>	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			
<i>2: Refroidiss.</i>	$Q_{cef(2;10)}$	...				
<i>3 : ECS</i>	...					...

Tableau 113: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef} (poste;énergie)\}$

8.19 C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois

8.19.1 INTRODUCTION

Cette fiche permet de calculer les performances des générateurs à combustion :

- Puissance
- Puissance absorbée (ou débit calorifique sur PCI)
- Rendement sur PCI
- Puissance des auxiliaires
- Perte thermique récupérable dans l'ambiance

Les générateurs traités sont :

- Chaudière à gaz : condensation, basse température, standard
- Chaudière fioul : condensation, basse température, standard
- Chaudière bois bûches, granulés ou plaquettes,

8.19.2 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous constitue la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
la de Gestion/régulation	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
	$\theta_{\text{aval,ECS}}(h)$ $\theta_{\text{aval,CH}}(h)$	Température moyenne d'eau de chauffage ou ECS au pas de temps h	°C			
	$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve le générateur.	°C			
	$Q_{\text{req,CH}}(h)$ $Q_{\text{req,ECS}}(h)$	Quantité d'énergie thermique à fournir par le générateur au pas de temps h pour le poste chauffage ou ECS	Wh			
	$i_{\text{ECS\_seule}}(h)$	Indicateur de production ECS seule au pas de temps h	Bool			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
	R_{dim}	Nombre de générateurs identiques	Entier	0	$+\infty$	1
	$id_{\text{raccord\_gnr}}$	Type de raccordement des générateurs entre eux, pour un mode de gestion avec priorité : 0 : <i>Permanent</i> , 1 : <i>Avec isolement</i>	Ent	0	1	1
	$id_{\text{pos\_gen}}$	Position de la génération : 1 : En volume chauffé, 0 : Hors volume chauffé.	Menu	0	1	1
Paramètres intrinsèques du composant						
Généraux et Puissances	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
	id_{type}	Type du générateur.	Ent	1	1000	Voir Tableau 115
	$Id_{\text{fou\_gen}}$	Fonction du générateur.	Menu	1	5	
	TypeCombustibleBois	Type de combustible bois : 1) Bûches, 2) Granulés, 3) Plaquettes	Menu	1	3	
	Pn_{gen}	Puissance thermique utile nominale du générateur en régime haute température	kW	0	$+\infty$	-
	R_{pn}	Rendement thermique sur PCS à la puissance nominale en régime haute température	%	0	100	-

Pertes récupérables	Waux_nom	Puissance électrique absorbée à pleine charge	W	0	$+\infty$	-
	Pint	Puissance thermique utile à 30% de charge en régime basse température	kW	0	$+\infty$	-
	R_pint	Rendement thermique sur PCS à la puissance P_{int} en régime basse température	%	0	100	-
	Waux_int	Puissance électrique absorbée à charge intermédiaire P_{int}	W	0	$+\infty$	-
	Wveille	Puissance électrique absorbée à charge nulle	W	0	$+\infty$	-
	Alim_Chaudi e_Bois	Type de chargement de la chaudière bois :	Menu	0	3	
		0) <i>Chargement manuel, tirage naturel</i>				
		1) <i>Chargement manuel, air pulsé</i>				
		2) <i>Chargement automatique, tirage naturel</i>				
	Q_po_30	Pertes thermiques en régime stabilisé pour un ΔT de 30°C	W	0	$+\infty$	-
	idpertes_parois	Indicateur pour la prise en compte des pertes par les parois à l'arrêt. Voir Tableau 121.	Menu	1	3	-
	p_Qp.g_arret	Part des pertes par les parois du générateur à l'arrêt (conventionnel).	Réel	0	1	Voir Tableau 121 et Tableau 122
	p_Qp.g_fonct	Part des pertes par les parois du générateur en fonctionnement (conventionnel).	Réel	0	1	

Sorties

Nom	Description	Unité			
idfluide_aval	Type de fluide caloporteur : 1 : eau, 2 : air ambiant.	Ent	1	2	
idengen	Type d'énergie principal du générateur.	Ent	10	69	
θ_{fonct_max}	Température de fonctionnement maximale du générateur	°C	20	100	100
θ_{fonct_min}	Température de fonctionnement minimale du générateur	°C	20	100	30
$\{Q_{cef(fo.;en.)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur pour le type d'énergie principal	Wh			

$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur	Wh
$Q_{fou,ch}(h)$ $Q_{fou,ecs}(h)$	Quantité d'énergie totale effectivement fournie par le générateur en chauffage et ECS	Wh
$Q_{rest,ch}(h)$ $Q_{rest,ecs}(h)$	Quantité d'énergie requise et non-fournie par le générateur en chauffage et ECS	Wh
$\tau_{charge}(h)$	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel
$W_{aux,pro}(h)$	Consommations d'auxiliaire propre au processus de génération.	Wh
$\eta_{eff}(h)$	Rendement du générateur exprimé sous forme de réel.	Réel
$\Phi_{vc}(h)$	Quantité d'énergie échangée entre le générateur et l'ambiance dans lequel il est placé.	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{aval,ch}(h)$ $\theta_{aval,ecs}(h)$	Température moyenne d'eau aval au pas de temps h	°C
$\theta_{aval,cr\_ch}(h)$ $\theta_{aval,cr\_ecs}(h)$	Température moyenne d'eau aval au pas de temps h	°C
$P_{th,nom,ch}(h)$ $P_{th,nom,ecs}(h)$	Puissances thermiques nominales du générateur en chauffage et production ECS	W
$P_{th,int,ch}(h)$ $P_{th,int,ecs}(h)$	Puissances thermiques intermédiaires du générateur en chauffage et production ECS	W
$R_{puis,dispo}(h)$	Ratio de puissance disponible pour le poste chauffage	Réel
$Q_{pertes}(h)$	Quantités d'énergie perdues par l'enveloppe de la chaudière et dans les fumées totale du générateur au pas de temps h	Wh
$Q_{pertes,ch}(h)$ $Q_{pertes,ecs}(h)$	Quantités d'énergie perdues par l'enveloppe de la chaudière et dans les fumées en chauffage et ECS	Wh
$Q_{cons,ch}(h)$ $Q_{cons,ecs}(h)$	Quantités d'énergie consommées en chauffage et ECS	Wh
$\phi_{th,stab,ch}(h)$ $\phi_{th,stab,ecs}(h)$	Pertes thermiques en régime stabilisé de l'appareil ramenées à la température aval en chauffage et ECS	Wh
$\Phi_{pertes,int,ch}(h)$ $\Phi_{pertes,int,ecs}(h)$	Pertes thermiques de la chaudière au taux de charge intermédiaire	Wh
$\Phi_{pertes,nom,ch}(h)$ $\Phi_{pertes,nom,ecs}(h)$	Pertes thermiques de la chaudière au taux de charge nominal	Wh
fx	Facteur d'interpolation	Réel

$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement de l'ECS à charge maximale au pas de temps h	Réel	0	1	0
$R_{puisdispo}(h)$	Ratio de puissance disponible pour le service chauffage au pas de temps h	Réel	0	1	0
$Q_{Parrêt}$	Coefficient intervenant dans les pertes thermiques	W	>0	1000	-

Constantes

Nom	Description	Unit é	Valeur
$PCSI\{type_{combustible}\}$	Ratio du PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur) sur le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)	Réel	Voir Tableau 116
$c1 \text{ à } c10, n$	Coefficients pour la détermination des valeurs par défaut des chaudières gaz, fioul et bois	Réel	Voir §8.19.3.1.4
t_h	Durée d'un pas de temps de simulation	h	1

Tableau 114 : Nomenclature du modèle

8.19.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.19.3.1 *Calculs en préprocesseur*

8.19.3.1.1 Données générales

Les générateurs à combustion regroupent l'ensemble des générateurs suivants :

Type_Generateur	id _{engen}	id _{fluide_aval}
0) Chaudière à gaz classique	10	1
1) Chaudière gaz à condensation	10	1
2) Chaudière fioul classique	20	1
3) Chaudière fioul à condensation	20	1
4) Chaudière bois	40	1

Tableau 115: liste des déclinaisons de chaudières

Le ratio PCS/PCI est donné dans le tableau suivant :

Combustible	Id _{engen}	PCSI
Gaz naturel	10	1,11
GPL (Butane et Propane)	10	1,09
FOD	20	1,07
Bois	40	1,08

Tableau 116: Valeur du coefficient PCSI en fonction du type de combustible

Pour les chaudières bois, le type de combustible bois est également précisé via TypeCombustibleBois (bûches, granulés ou plaquettes).

8.19.3.1.2 Températures limites de fonctionnement

La température maximale de fonctionnement est prise conventionnellement égale à 100°C pour tous les générateurs à combustion.

Concernant la température minimale de fonctionnement, elle est fixée conventionnellement à :

- 40°C pour les chaudières gaz ou fioul classique,
- 30°C pour les chaudières gaz ou fioul à condensation,
- 70°C pour les chaudières bois.

8.19.3.1.3 Saisie des rendements et autres paramètres de performance énergétique

Les normes applicables pour la caractérisation des performances des chaudières sont les suivantes :

Technologie	Norme de référence
Chaudière gaz	NF EN 15502-1 +A1 : Chaudières de chauffage central utilisant les combustibles gazeux - Partie 1 : exigences générales et essais NF EN 303-7 Chaudières de chauffage - Partie 7 : chaudières de chauffage central équipées d'un brûleur à air soufflé utilisant les combustibles gazeux de puissance utile inférieure ou égale à 1000 kW
Chaudière fioul	NF EN 304 : Chaudières de chauffage - Règles d'essai pour les chaudières pour brûleurs à fioul à pulvérisation
Chaudière bois	NF EN 12809 : Chaudières domestiques à combustible solide destinées à être implantées dans le volume habitable - Puissance calorifique nominale inférieure ou égale à 50 kW - Exigences et méthodes d'essai (Tirage 3) NF EN 303-5 : Chaudières de chauffage central - Partie 5 : chaudières spéciales pour combustibles solides, à chargement manuel et automatique, puissance utile inférieure ou égale à 500 kW - Définitions, exigences, essais et marquage

Tableau 117: normes applicables pour la caractérisation des performances thermiques des chaudières

Concernant les rendements R_{pn} et R_{pint} , les différents statuts de donnée suivants sont possibles pour la valeur pivot :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes définies dans le Tableau 117.

Aucune correction de la valeur saisie n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes définies dans le Tableau 117.

Une réduction de 10% de la valeur saisie est appliquée.

- **déclarée** : la valeur est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% de la valeur saisie est appliquée.

- **par défaut** : aucune information disponible.

La valeur est imposée (voir §8.19.3.1.4 ci-dessous).

En amont de l'application de ces corrections, on vérifiera que les rendements R_{pn} et R_{pint} du générateur ne correspondent pas à des rendements ramenés au PCS supérieurs à l'unité. Le message d'erreur émis dans le cas où cette condition n'est pas respectée est le suivant : « Générateur à combustion : la saisie des performances du générateur à combustion conduit à des rendements sur PCS égaux ou supérieurs à l'unité ».

Concernant les pertes à l'arrêt Q_{po_30} (en Wh), deux statuts sont reconnus :

- soit mesurée : la valeur est connue, sans nécessairement qu'elle soit certifiée ou justifiée au sens évoqué pour les rendements,
- soit par défaut, si la valeur est inconnue. Dans ce cas, la valeur est imposée (voir §8.19.3.1.4 ci-dessous).

Même chose pour les puissances électriques absorbées par les auxiliaires W_{veille} , W_{aux_nom} et W_{aut_int} .

8.19.3.1.4 Valeurs par défaut

Rendements à pleine charge et charge intermédiaire :

$$R_{pn} = \frac{c1 + c2 \cdot \log(P_{ngen})}{100 \cdot PCSI} \quad (1072)$$

$$R_{pint} = \frac{c3 + c4 \cdot \log(P_{ngen})}{100 \cdot PCSI} \quad (1073)$$

Pertes thermiques en régime stabilisé (en W) :

$$Q_{po\_30} = 1000 \cdot c5 \cdot (P_{ngen})^{c6} \cdot P_{ngen} \quad (1074)$$

Les coefficients $c1$ à $c6$ sont définis selon la catégorie de générateur dans le tableau ci-dessous :

	Chaudière gaz ou fioul avec $P_{n\_gen} \leq 400 \text{ kW}$	Chaudière gaz ou fioul avec $P_{n\_gen} > 400 \text{ kW}$	Chaudière bois	
			Bûche	Granulés /plaquettes
c1	94,0	96,6	89	91
c2	1,0	0	2,0	2,0
c3	103,0	105,6	84	88
c4	1,0	0	2,0	2,0
c5	4,0	4,0	14,0	14,0
c6	-0,4	0	-0,28	-0,28

Tableau 118 : valeurs par défaut des chaudières gaz et fioul, coefficients $c1$ à $c6$

Puissances électriques absorbées par défaut :

$$W_{veille} = 20,0 \quad (\text{W}) \quad (1075)$$

$$W_{aux\_nom} = c7 + c8 \cdot (P_{ngen})^n \quad (1076)$$

$$W_{aux\_int} = c9 + c10 \cdot (P_{int})^n \quad (1077)$$

Les coefficients $c7$ à $c10$ et n sont définis selon la catégorie de générateur dans le tableau ci-dessous :

	Chaudière gaz ou fioul	Chaudière bois			
		Chargement manuel, tirage naturel	Chargement manuel, air pulsé	Chargement automatique, tirage naturel	Chargement automatique, air pulsé
c7	0	0	74	0	74
c8	45	0	0,5	10	10,5
c9	0	0	74	0	74
c10	15	0	0,5	10	10,5
n	0,48	1	1	1	1

Tableau 119: valeurs par défaut des chaudières gaz, fioul et bis, coefficients c7 à c10 et n

Pour les chaudières bois, dans le cas où on a recours à des valeurs par défaut pour Waux_nom et int, un paramètre supplémentaire Alim_Chaudière_Bois est demandé pour préciser la sous-catégorie (chargement manuel, automatique, tirage naturel ou air pulsé).

8.19.3.2 Calcul au pas de temps horaire

A chaque pas de temps, le présent algorithme calcule les consommations d'énergie associé au fonctionnement de la chaudière par rapport à une quantité d'énergie requise $Q_{req}(h)$ et une température aval de fonctionnement $\theta_{aval}(h)$.

8.19.3.2.1 Correction des rendements thermiques et des pertes thermiques en régime stabilisé en fonctionnement de la température du générateur

Les rendements thermiques à pleine charge et charge intermédiaire sont mesurés dans des conditions de température donnée. Lorsque la température aval imposée au pas de temps h est différente de celle maintenue au cours des mesures, il convient de corriger les valeurs de rendements utilisés dans le calcul.

La correction appliquée des rendements en fonction de la température aval au pas de temps h est illustrée ci-dessous :

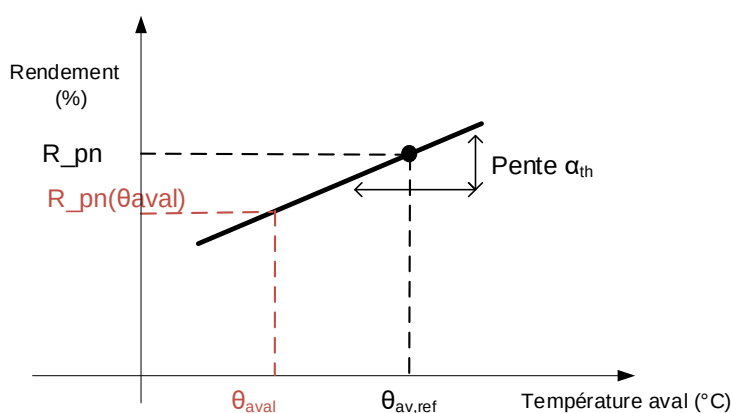


Figure 113: principe de la correction de rendement en fonction de la température aval

Ainsi :

$$R_{pn}(\theta_{aval}) = R_{pn} + \alpha_{th,nom} \cdot (\theta_{av,ref,nom} - \theta_{aval}) \quad (\text{en } \%) \quad (1078)$$

$$R_{pint}(\theta_{aval}) = R_{pint} + \alpha_{th,int} \cdot (\theta_{av,ref,int} - \theta_{aval}) \quad (\text{en } \%) \quad (1079)$$

Les valeurs de α_{th} et $\theta_{av,ref}$ sont données dans le tableau ci-dessous :

	$\alpha_{th,nom}$	$\theta_{av,ref,nom}$	$\alpha_{th,int}$	$\theta_{av,ref,int}$
Chaudière gaz ou fioul classique	0,04	70	0,05	40
Chaudière gaz ou fioul à condensation	0,2	70	0,2	33
Chaudière bois	0,0	70	0,0	70

Tableau 120: paramètres de calcul pour le rendement à pleine charge et charge intermédiaire

Les pertes thermiques en régime stabilisé sont connues pour un écart de 30°C entre l'eau chaude et l'air ambiant ($\phi_{thstab,30}$). Elles sont ramenées à l'écart de température effectif :

$$\phi_{thstab}(\theta_{aval}) = MAX \left[0, 0 ; Q_{po\_30} \cdot \left(\frac{\theta_{aval} - \theta_{amb}(h)}{30^\circ C} \right)^{1,25} \right] \quad (\text{en W}) \quad (1080)$$

8.19.3.3 Service ECS

8.19.3.3.1 Calcul de la quantité d'énergie fournie pour le service ECS

La première étape consiste à calculer de la quantité d'énergie fournie au pas de temps h pour le service ECS, qui intervient en premier dans le calcul à chaque pas de temps. Cette quantité d'énergie est plafonnée par la puissance maximale du générateur.

Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), le besoin $Q_{req,ECS}(h)$ est divisé par le nombre de générateur identique R_{dim} à cette étape :

$$Q_{fou,ECS}(h) = MIN \left(P_{th,nom,ecs}(h) \cdot t_h ; \frac{Q_{req,ECS}(h)}{R_{dim}} \right) \quad (\text{en Wh}) \quad (1081)$$

Avec $P_{th,nom,ecs}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation ci-dessous à partir de la température aval propre au mode ECS :

$$P_{th,nom,ecs}(h) = 1000 \cdot \frac{R_{pn}(\theta_{aval,cr\_ecs}(h))}{R_{pn}} \cdot P_{ngen} \quad (1082)$$

Et $\theta_{aval,cr\_ecs}(h)$ la température aval prenant en compte les limites de fonctionnement du générateur en ECS :

$$\theta_{aval,cr\_ecs}(h) = MAX(\theta_{aval,ecs}(h); \theta_{aval,min}) \quad (1083)$$

Calcul de la part d'énergie fournie pour le poste ECS (utilisée dans le cas double service) :

$$R_{fonct,ECS}(h) = \frac{Q_{fou,ECS}(h)}{P_{th,nom,ecs}(h) \cdot t_h} \quad (1084)$$

Note : si $Q_{fou,ECS}(h)$ est nul, alors $R_{fonct,ECS}(h)$ l'est également.

Calcul de la quantité d'énergie restant $Q_{rest}(h)$ à fournir par la génération au pas de temps h :

$$Q_{rest,ECS}(h) = Q_{req,ECS}(h) - Q_{fou,ECS}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1085)$$

8.19.3.3.2 Calcul des pertes thermiques à pleine charge et charge intermédiaire en ECS

On commence par calculer les pertes thermiques totales de la chaudière à la charge intermédiaire et à pleine charge, à partir des rendements corrigés selon les relations définies au §8.19.3.2.1.

Le calcul est détaillé ci-dessous avec l'exemple du poste ECS :

A charge intermédiaire :

$$P_{th,int,ecs}(h) = 1000 \cdot \frac{R_{pint}(\theta_{aval,cr,ecs}(h))}{R_{pint}} \cdot P_{int} \quad (1086)$$

$$\Phi_{pert,ecs}(h) = \left(\frac{100\%}{R_{pint}(\theta_{aval,cr,ecs}(h))} - 1 \right) \cdot P_{th,int,ecs}(h) \quad (1087)$$

A charge nominale :

$$\Phi_{pert,nom}(h) = \left(\frac{100\%}{R_{pn}(\theta_{aval,cr,ecs}(h))} - 1 \right) \cdot P_{th,nom}(h) \quad (1088)$$

8.19.3.3.3 Calcul des pertes thermiques et de la puissance électrique absorbée au taux de charge effectif en ECS

Le calcul des pertes thermiques et de la puissance électrique absorbée est décliné en fonction de la valeur de la quantité d'énergie thermique par fournie la chaudière pour le poste ECS au pas de temps h pour le service considéré.

Si $Q_{fou,ecs}(h) = 0 \text{ Wh}$, la chaudière n'est pas sollicitée pour le poste ECS.

Si $i_{ECS\_seule}(h) = 1$, la chaudière est à l'arrêt au pas de temps h, et ses pertes et consommations d'auxiliaires à l'arrêt sont comptabilisées dans le poste ECS. Le calcul des pertes à l'arrêt dépend du dernier état en fonctionnement du générateur, qui est forcément le fonctionnement ECS du pas de temps précédent :

$$Q_{pert,ecs}(h) = R_{fonct,ECS}(h-1) \cdot \Phi_{thstab}(\theta_{aval,cr,ecs}(h-1)) \cdot t_h \quad (1089)$$

Et, par ailleurs :

$$Q_{cons,ecs}(h) = Q_{pert,ecs}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1090)$$

$$W_{aux,ecs}(h) = P_{aux,veille} \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1091)$$

Si $0 < Q_{fou,ecs}(h) \leq P_{th,int,ecs}(h) \cdot t_h$, alors la chaudière module sa puissance par des cycles tout ou rien :

$$Q_{pert,ecs}(h) = \left(fx \cdot \Phi_{pert,int}(h) + (1 - fx) \cdot \Phi_{thstab}(\theta_{aval,cr,ecs}(h)) \right) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1092)$$

$$W_{aux,ecs}(h) = (fx \cdot W_{aux,min} + (1 - fx) \cdot W_{aux,veille}) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1093)$$

Avec fx, facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{Q_{fou,ecs}(h)}{P_{th,int,ecs}(h) \cdot t_h} \quad (1094)$$

Si $P_{th,int,ecs}(h) \cdot t_h < Q_{fou,ecs}(h) \leq P_{th,nom,ecs}(h) \cdot t_h$, alors la chaudière est sur sa plage de modulation de puissance par variation de l'allure du brûleur :

$$Q_{pertes,ecs}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes,nom}(h) + (1 - fx) \cdot \Phi_{pertes,int}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1095)$$

$$W_{aux,ecs}(h) = (fx \cdot W_{aux,min} + (1 - fx) \cdot W_{veille}) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1096)$$

Avec fx, facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{Q_{fou,ecs}(h) - P_{th,int,ecs}(h) \cdot t_h}{(P_{th,nom,ecs}(h) - P_{th,int,ecs}(h)) \cdot t_h} \quad (1097)$$

Calcul de la quantité d'énergie équivalente en combustible principal consommée par la chaudière, ramenée au Pouvoir Calorifique Inférieur :

$$Q_{cons,ecs}(h) = \frac{Q_{fou,ecs}(h) + Q_{pertes,ecs}(h)}{PCSI} \quad (1098)$$

8.19.3.4 Service chauffage

8.19.3.4.1 Calcul de la quantité d'énergie fournie pour le service chauffage

La seconde étape consiste à calculer de la quantité d'énergie fournie au pas de temps h pour le service chauffage. Cette quantité d'énergie est plafonnée par la puissance maximale du générateur. Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), le besoin $Q_{req,CH}(h)$ est divisé par le nombre de générateur identique R_{dim} à cette étape :

$$Q_{fou,CH}(h) = MIN \left(R_{puisdispo}(h) \cdot P_{th,nom,ch}(h) \cdot t_h; \frac{Q_{req,CH}(h)}{R_{dim}} \right) \text{ (en Wh)} \quad (1099)$$

$P_{th,nom,ch}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation ci-dessous à partir de la température aval propre au mode chauffage :

$$P_{th,nom,ch}(h) = 1000 \cdot \frac{R_{pn}(\theta_{aval,cr,ch}(h))}{R_{pn}} \cdot P_{ngen} \quad (1100)$$

$R_{puis,dispo}$ est le ratio de puissance disponible pour le poste chauffage :

$$R_{puisdispo}(h) = 1,0 - R_{fonct,ecs}(h) \quad (1101)$$

On calcule également le taux de charge relatif pour le poste chauffage :

$$\tau_{charge,ch}(h) = \frac{Q_{fou,CH}(h)}{R_{puisdispo}(h) \cdot P_{max,ch}(h)} \quad (1102)$$

Calcul de la quantité d'énergie restant $Q_{rest}(h)$ à fournir par la génération pour le poste chauffage au pas de temps h :

$$Q_{rest,CH}(h) = Q_{req,CH}(h) - Q_{fou,CH}(h) \text{ (en Wh)} \quad (1103)$$

8.19.3.4.2 Calcul des pertes thermiques à pleine charge et charge intermédiaire en chauffage

Le calcul est identique à celui réalisé pour l'ECS au §8.19.3.3.2 (en remplaçant les indices ecs par *ch*).

8.19.3.4.3 Calcul des pertes thermiques et de la puissance électrique absorbée au taux de charge effectif en ECS

Le calcul des pertes thermiques et de la puissance électrique absorbée est décliné en fonction de la valeur de la quantité d'énergie thermique par fournie la chaudière pour le poste chauffage au pas de temps *h* pour le service considéré.

Si $Q_{fou,ch}(h) = 0 \text{ Wh}$, la chaudière n'est pas sollicitée pour le poste ECS.

Le calcul des pertes à l'arrêt dépend du dernier état en fonctionnement du générateur, qui est variable selon les pas de temps:

Si $R_{puisdispo}(h) < 1$ (le générateur a fonctionné en ECS au pas de temps actuel) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = R_{puisdispo}(h) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr\_ecs}(h)) \cdot t_h \quad (1104)$$

Sinon si $Q_{fouch}(h-1) > 0 \text{ Wh}$ (le générateur a fonctionné en dernier en chauffage au pas de temps précédent) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = R_{puisdispo}(h) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr\_ch}(h-1)) \cdot t_h \quad (1105)$$

Sinon, si $Q_{fouecs}(h-1) > 0 \text{ Wh}$ (le générateur a fonctionné en dernier en ECS au pas de temps précédent) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = R_{fonct,ecs}(h-1) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr\_ecs}(h-1)) \cdot t_h \quad (1106)$$

Sinon (le générateur n'a pas fonctionné ni au pas de temps *h*, ni au pas de temps *h-1*) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (1107)$$

Par ailleurs :

$$Q_{cons,ch}(h) = Q_{pertes,ch}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1108)$$

$$W_{aux,ch}(h) = P_{aux,veille} \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1109)$$

Sinon, le reste du calcul identique à celui réalisé pour l'ECS au §8.19.3.3.3 (en remplaçant les indices ecs par *ch*).

8.19.3.5 Sorties cumulées des postes chauffage et ECS

A l'issue du calcul des services ECS et chauffage, des sorties communes sont produites :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou,CH}(h) + Q_{fou,ECS}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1110)$$

$$Q_{cons}(h) = Q_{cons,CH}(h) + Q_{cons,ECS}(h) \quad (1111)$$

$$W_{auxpro}(h) = W_{aux,ecs}(h) + W_{aux,ch}(h) \quad (1112)$$

$$Q_{pertes}(h) = Q_{pertes,ch}(h) + Q_{pertes,ecs}(h) \quad (1113)$$

$$\tau_{charge}(h) = R_{fonctecs}(h) + R_{puisdispo}(h) \cdot \tau_{charge\_ch}(h) \quad (1114)$$

$$P_{\max}(h) = R_{fonctecs}(h) \cdot P_{\max,ecs}(h) + R_{puisdispo}(h) \cdot P_{\max,ch}(h) \quad (1115)$$

Calcul du rendement effectif du générateur :

$$\eta_{eff}(h) = \frac{Q_{fou}(h)}{Q_{cons}(h)} \quad (1116)$$

Note : si $Q_{cons}(h)$ est nul, alors $\eta_{eff}(h)$ l'est également.

Allocation des consommations dans le tableau de consommations $[Q_{cef(po.;en.)}(h)]$ par poste et par type d'énergie :

$$\begin{aligned} Q_{cef(ecs;id_{engen})}(h) &= Q_{cons,ecs}(h) \\ Q_{cef(ecs;élec.)}(h) &= W_{aux,pro,ecs}(h) \\ Q_{cef(ch;id_{engen})}(h) &= Q_{cons,ch}(h) \\ Q_{cef(ch;élec.)}(h) &= W_{aux,pro,ch}(h) \end{aligned} \quad (1117)$$

Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), l'ensemble des quantités d'énergie (Wh) listées en tant que sorties dans la nomenclature sont multipliées par R_{dim} à l'issue du calcul, à chaque pas de temps.

8.19.3.6 Calcul des pertes thermiques recuperables

Une partie des pertes et consommations d'auxiliaires du générateur peuvent donner lieu à des flux thermiques récupérables. Seules les pertes par les parois des générateurs sont considérées comme émises dans l'ambiance de la génération. Les pertes par les parois ne représentent pas la totalité des pertes à l'arrêt. A charge nulle, la part des pertes par les parois est noté $p_{Qp.g.arret}$: sa valeur dépend des propriétés du générateur définies au travers de id_{pertes_parois} .

id_{pertes_parois}	Propriété du générateur associée	$p_{Qp.g.arret}$
1	Absence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	0,50
2	Présence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	0,75
3	Présence de clapet sur le conduit de fumées	1

Tableau 121: pertes par les parois du générateur à l'arrêt en fonction des propriétés du générateur

Conventionnellement, pour les appareils gaz ou fioul, à charge non-nulle, on considère que les pertes par les parois représentent **30%** des pertes totales. Pour les chaudières bois, ce ratio est pris égal à **25%**. Si le générateur se trouve hors volume chauffé, le flux vers le volume chauffé est nul.

Propriétés du générateur associé	$p_{Qp.g.fonct}$
Chaudières bois ($id_{type} = 400$)	0,25
Tout autre type de générateur	0,30

Tableau 122 : part des pertes par les parois du générateur en fonctionnement

Au final, les pertes thermiques récupérables sont les suivantes :

Si $Q_{fou}(h) > 0$ Wh, alors,

$$\varphi_{vc}(h) = id_{posgen} \cdot (p_{Qpg, fonct} \cdot Q_{pertes}(h) + W_{aux,pro}(h)) \quad (Wh) \quad (1118)$$

Sinon,

$$\varphi_{vc}(h) = id_{posgen} \cdot (p_{Qpg, arret} \cdot Q_{pertes}(h) + W_{aux,pro}(h))$$

Où id_{posgen} prend la valeur 1 si la chaudière est située en volume chauffé (0 sinon).

Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), $\varphi_{vc}(h)$ est multipliée par

R_{dim} à l'issue du calcul, à chaque pas de temps.

8.20 C_GEN_AUTRES_GENERATEURS_A_COMBUSTION

8.20.1 INTRODUCTION

Cette fiche permet de calculer les performances de certains générateurs à combustion :

- Puissance
- Puissance absorbée (ou débit calorifique sur PCI)
- Rendement sur PCI
- Puissance des auxiliaires
- Perte thermique récupérable dans l'ambiance

Les générateurs traités sont :

- Radiateurs gaz, poêles et inserts gaz, $P_n < 5 \text{ kW}$; $P_n > 5 \text{ kW}$ avec ou sans ventilateur
- Chauffe eau gaz : $P_n < 10 \text{ kW}$; $P_n > 10 \text{ kW}$
- Accumulateur gaz : standard ; condensation
- Générateur d'air chaud : standard ; condensation
- Tube radiant
- Panneau radiant

8.20.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 123 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
Gestion/régulation de la génération	$\theta_{\text{aval,ECS}}(h)$	Température moyenne d'eau de chauffage ou ECS au pas de temps h	°C	-50	200	-
	$\theta_{\text{aval,CH}}(h)$					
	$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve le générateur.	°C	-50	200	20
	$Q_{\text{req,CH}}(h)$	Quantité d'énergie thermique à fournir par le générateur au pas de temps h pour le poste chauffage ou ECS	Wh	0	+∞	-
	$Q_{\text{req,ECS}}(h)$					
	id_{fonction}	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le Q_{req} (1 : <i>chauffage</i> , 2 : <i>refroidissement</i> , 3 : <i>ECS</i>), pour les générateurs multi-fonctions.	Ent	1	3	-
	$R_{\text{puis\_dispo}}$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible.	Réel	>0	1	1
	$i_{\text{ECS\_seule}}$	Indicateur de production ECS seule.	Bool	0	1	-

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
	R_{dim}	Ratio de dimensionnement du générateur.	Réel	0	+∞	1
	$id_{\text{raccord\_gnr}}$	Type de raccordement des générateurs entre eux, pour un mode de gestion avec priorité : 0 : <i>Permanent</i> , 1 : <i>Avec isolement</i>	Ent	0	1	1
	$id_{\text{pos\_gen}}$	Position de la génération : 1 : <i>En volume chauffé</i> , 0 : <i>Hors volume chauffé</i> .	Ent	0	1	1

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
Généraux	id_{type}	Type du générateur.	Ent	1	1000	Voir Tableau 115
	id_{fougen}	Fonction du générateur.	Ent	1	5	
	id_{engen}	Energie principale du générateur.	Ent	10	69	
	$id_{\text{fluide\_aval}}$	Type de fluide caloporteur 1 : <i>eau</i> , 2 : <i>air ambiant</i> .	Ent	1	2	
	P_{ngen}	Puissance utile nominale du générateur	kW	0	+∞	
	$\theta_{\text{fonct\_max}}$	Température de fonctionnement maximale du générateur	°C	20	100	
	$\theta_{\text{fonct\_min}}$	Température de fonctionnement minimale du générateur	°C	20	100	

W_{veille}	Consommation électrique à charge nulle	Wh	0	$+\infty$	-
$W_{aux,nom}$	Consommation électrique à la puissance nominale	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{po30}	Pertes à l'arrêt mesurées ou par défaut	Wh	0	$+\infty$	-
R_{pn}	Rendement PCI à la puissance nominale	%	0	150	-
R_{pint}	Rendement PCI à la puissance intermédiaire	%	0	150	-
P_{int}	Puissance utile intermédiaire du générateur	kW	0	$+\infty$	-
A	Coefficient de R_{pn}	-	0	100	
B	Coefficient de R_{pn}	-	0	10	
C	Coefficient de R_{pint}	-	0	100	
D	Coefficient de R_{pint}	-	0	10	
E	Coefficient de pertes à charge nulle	-	0	10	
F	Coefficient de pertes à charge nulle	-	-1	1	
G	Coefficient des puissances d'auxiliaires	-	0	100	
H	Coefficient des puissances d'auxiliaires	-	0	100	
id_{pertes_parois}	Indicateur pour la prise en compte des pertes par les parois à l'arrêt. Voir Tableau 121.	Ent	1	3	Voir Tableau 121 et Tableau 122
$p_{\_Qp.g\_arret}$	Part des pertes par les parois du générateur à l'arrêt (conventionnel).	Réel	0	1	
$p_{\_Qp.g\_fonct}$	Part des pertes par les parois du générateur en fonctionnement (conventionnel).	Réel	0	1	

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
$\{Q_{ceff(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{cons}	Puissance effectivement consommée par le générateur.	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur.	Wh	0	$+\infty$	-
T_{charge}	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel	0	1	-
$W_{aux,pro}$	Consommations d'auxiliaire propre au processus de génération.	Wh	0	$+\infty$	-
η_{eff}	Rendement du générateur exprimé sous forme de réel.	Réel	0	10	-
Q_{rest}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh	0	$+\infty$	-
Φ_{vc}	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises vers l'ambiance.	Wh	0	$+\infty$	-
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale.	Réel	0	1	0

R_{pn}	Rendement sur PCI du générateur à 100% de charge	-	0	1.2	-
R_{pint}	Rendement sur PCI du génrateur à 30% de charge	-	0	1.2	-
P_{aux}	Puissance des auxiliaires (hors chaudières au gaz ou au fioul).	kW	0		-
QP_{30}	Pertes thermiques du générateur à charge nulle	W	0		-

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
θ_{aval_corr}	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération, corrigé selon la plage de fonctionnement du générateur	°C	20	200	-
Q_{p0}	Pertes à charge nulle.	W	0	$+\infty$	-
Q_{p0prev}	Dernière valeur de pertes à l'arrêt calculée pour une température correspondant à un fonctionnement.	W	0	$+\infty$	-
Q_{pmini}	Pertes totales en charge intermédiaire.	W	0	$+\infty$	-
Q_{px}	Pertes totales au point de fonctionnement	W	0	$+\infty$	-
P_{max}	Puissance maximale que peut fournir le générateur dans les conditions de températures amont et aval	W	0	$+\infty$	-
$Q_{consact}$	Puissance effectivement consommée par le générateur.	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{reqact}	Puissance requise au niveau du générateur, en tenant compte de R_{dim} .	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{fouact}	Puissance fournie par un générateur, en tenant compte de R_{dim} .	Wh	0	$+\infty$	-
$\Phi_{threacact}$	Pertes thermiques effectives du générateur vers l'ambiance.	Wh	0	$+\infty$	-
W_{auxact}	Consommations électriques effectives des auxiliaires de génération.	Wh	0	$+\infty$	-
$\eta_{eff\_ \%}$	Rendement du générateur exprimé en pourcentage	%	0	150	-
Indicateurs de	Indicateur de fonctionnement à charge non-nulle au pas de temps h :				
	$id_{a\_fonctionne}(h)$ 0 : charge nulle, 1 : fonctionnement en chauffage, 2 : fonctionnement en refroidissement, 3 : fonctionnement en ECS,	Ent	0	3	0
	$id_{a\_fonctionne}(h-1)$	Ent	0	3	0
	$R_{fonctecs}(h-1)$	Réel	0	1	0
Cce	Consommation conventionnelle d'entretien	kW	0	$+\infty$	-
$PCSI$	Ratio entre le pouvoir calorifique supérieur et le pouvoir calorifique inférieur (pour le gaz, le fioul, le bois)	-	1	2	-

a_{nom}	Facteur de correction du rendement en fonction de la température pour le rendement nominal.	-	0	1	
θ_{mes_nom}	Température à laquelle est défini le rendement nominal R_{pn}	°C	0	$+\infty$	
a_{int}	Facteur de correction du rendement en fonction de la température pour le rendement intermédiaire	-	0	1	
θ_{mes_int}	Température à laquelle est défini le rendement intermédiaire R_{pint}	°C	0	$+\infty$	
f_{maj}	Coefficient de majoration qui tient compte du fait que les radiateurs fonctionnent en moyenne à une puissance inférieure à leur puissance nominale	Réel	1	2	Voir Tableau 129 et Tableau 130
R_{pn_teta}	Rendement à la puissance nominale à la température θ_{aval}	%	0	150	-
R_{pint_teta}	Rendement à la puissance intermédiaire à la température θ_{aval}	%	0	150	-
F_x	Coefficient intervenant dans les pertes thermiques	-	>0	1	-
$Q_{Parrêt}$	Coefficient intervenant dans les pertes thermiques	W	>0	1000	-

Tableau 123 : Nomenclature du modèle

8.20.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

8.20.3.1 *Données générales*

Les générateurs à combustion intégrés dans cette fiche regroupent les générateurs suivants :

Type de générateur	id_{type}	id_{engen}	id_{fougen}	id_{fluide_aval}
Radiateurs gaz, poêles et inserts gaz Pn< 5 kW ; Pn> 5 kW avec ou sans ventilateur	103	10	1	2
Chauffe eau gaz : Pn< 10kW ; Pn> 10 kW	104	10	3	1
Accumulateur gaz : standard ; condensation	105	10	3	1
Générateur d'air chaud : standard ; condensation	106, 107	10	1	2
Tube radiant gaz	108	10	1	2
Panneau radiant gaz	109	10	1	2

Tableau 124: Liste des générateurs à combustion

Le ratio PCS/PCI est donné dans le tableau suivant :

Combustible	Id_{engen}	PCSI
Gaz naturel	10	1,11
GPL (Butane et Propane)	10	1,09
FOD	20	1,07

Tableau 125: Valeur du coefficient PCSI en fonction du type de combustible

8.20.3.2 *Plage de température de fonctionnement*

8.20.3.2.1 Température maximale de fonctionnement

La température maximale de fonctionnement est prise conventionnellement égale à 100°C pour tous les générateurs à combustion.

8.20.3.2.2 Température minimale de fonctionnement

Les générateurs à combustion sur eau (accumulateurs et chauffe eau) sont limités par leur température minimale de fonctionnement.

La valeur par défaut de cette température sera prise égale à 20°C.

A chaque pas de temps, si la température requise par la génération (θ_{aval}) est inférieure à la température minimale de fonctionnement (θ_{fonct_min}), le générateur fonctionne à la température minimale :

$$\theta_{aval\_corr} = MAX(\theta_{aval}; \theta_{fonct\_min}) \quad (1119)$$

8.20.3.3 *Cohérence de la saisie des rendements*

En préalables aux calculs, on vérifiera que la saisie des performances du générateur ne correspond pas à des rendements ramenés au PCS supérieurs à l'unité.

Quelque soit le type de générateur à combustion, le test de cohérence suivant est mené :

$$Si \frac{MAX(R_{pn}; R_{pint})}{PCS} \geq 1, \text{ alors,} \quad (1120)$$

Message d'erreur : « La saisie des performances du générateur à combustion conduit à des rendements sur PCS égaux ou supérieurs à l'unité ».

8.20.3.4 *Valeurs par défaut*

En l'absence de connaissances sur les produits, on utilisera les valeurs données dans les tableaux suivants ; il est possible, si on ne connaît que certaines valeurs pour un produit donné, d'utiliser ces valeurs et d'utiliser les valeurs par défaut pour les caractéristiques inconnues.

Les pénalités pour non-certification ne s'appliquent pas aux valeurs par défaut.

Pour les quatre variables ci-dessous les quatre tableaux suivants fournissent les valeurs à introduire dans les formules de calcul.

Pour les générateurs d'air chaud, ces équations sont valables pour une puissance nominale inférieure ou égale à 300 kW. On conservera les valeurs pour $P_n = 300$ kW si $P_n > 300$ kW

$$R_{pn} = A + B \cdot \log P_n \quad (\%) \quad (1121)$$

$$R_{pint} = C + D \cdot \log P_n \quad (\%) \quad (1122)$$

$$Q_{p0} = P_n \cdot (E + F \cdot \log P_n) / 100 \quad (\text{kW}) \quad (1123)$$

$$P_{aux} = G + H \cdot P_n \quad (\text{W}) \quad (1124)$$

Où :

P_n est exprimée en kW

P_{aux} = puissance des auxiliaires de la génération (hors chaudières au gaz ou au fioul).

Libellé	R_{Pn}		R_{Pint}	
Ntype	A	B	C	D
Radiateurs gaz, poêles et insert gaz				
$P_n < 5$ kW	80			
$P_n \geq 5$ kW sans ventilateur côté combustion	82			
$P_n \geq 5$ kW avec ventilateur côté combustion	84			
Chauffe-eau gaz				
Chauffe-eau gaz < 10 kW	82			
Chauffe-eau gaz > 10 kW	84			
Accumulateurs gaz				
Accumulateur gaz	84			
Accumulateur gaz à condensation	98			
Générateurs d'air chaud gaz				
Standard	84		77	
Condensation	90		83	
Tubes et panneaux radiants gaz				
Tubes radiants	85			
Panneaux radiants	90			

Tableau 126: Rendements par défaut

Les cases en grisé correspondent à des produits pour lesquels ces valeurs ne sont pas nécessaires.

Autres générateurs		
Générateurs d'air chaud	1,75	-0,55
Accumulateurs gaz appareils de plus de 200l avec temps démontée en température <45 mn	1,7	0
Autres accumulateurs gaz	1,5	0
Chauffe-eaux gaz	1,5	0

Tableau 127: Pertes à charge nulle par défaut

Générateurs d'air chaud		
Sans ventilateur côté émission	0	4
Avec ventilateur côté émission	0	54
Tubes radiants		
Avec ventilateur côté émission	0	54
Radiateurs gaz, poêles et inserts gaz		
Par ventilateur (on compte séparément les ventilateurs côté combustion et côté émission)	40	0
Chauffe eau gaz	0	0
Accumulateurs gaz	0	0

Tableau 128: Puissances d'auxiliaires par défaut

Lorsqu'il existe un dispositif d'allumage par veilleuse, la consommation de veille à charge nulle est égale à la consommation de veille à laquelle est ajoutée la consommation de la veilleuse / 2,58.

8.20.3.4.1 Indicateur de fonctionnement du générateur

Cet indicateur permet de situer l'état du générateur au pas de temps actuel, afin d'en déduire ses pertes à l'arrêt au pas de temps suivant.

Il est initialisé à une valeur nulle à chaque début de pas de temps :

$$id_{a\_fonctionne}(h) = 0 \quad (1125)$$

Lors de l'appel du générateur à combustion, il n'évolue que si la demande pour ce dernier est non-nulle. Il prend alors la valeur correspondant au dernier poste assuré (chauffage ou ECS).

$$\begin{aligned} \text{Si } Q_{req} \neq 0 \text{ (Wh), alors,} \\ id_{a\_fonctionne}(h) = id_{fonction} \end{aligned} \quad (1126)$$

8.20.3.5 Pertes à charge nulle des générateurs

8.20.3.5.1 Générateurs d'air chaud, accumulateurs gaz, et chauffe-eaux gaz

Les pertes à charge nulle sont connues pour un écart de 30°C entre l'eau chaude et l'air ambiant (Q_{p030}). Elles sont ramenées à l'écart de température effectif :

$$Q_{p0} = \frac{100 \cdot Q_{p030}}{R_{pn}} \cdot \left(\frac{\text{MAX}(0; \theta_{aval\_corr} - \theta_{amb}(h))}{30} \right)^{1,25} \text{ (Wh)} \quad (1127)$$

8.20.3.5.2 Radiateurs gaz, poêles et inserts gaz, tubes et panneaux radiants gaz ($id_{type} = 103, 108, 109$)

Il n'y a pas de pertes à charge nulle pour ces types de générateurs :

$$Q_{p0} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1128)$$

8.20.3.6 Fonctionnement en chauffage ($id_{fonction} = 1$ et $Q_{req} > 0$)

L'objectif de ce paragraphe est de déterminer la performance des générateurs considérés, au point de fonctionnement. Ce point de fonctionnement est déterminé pour un générateur et un combustible donnés, par la température moyenne et les besoins demandés aux bornes du générateur.

8.20.3.6.1 Générateurs d'air chaud ($id_{type} = 106, 107$)

8.20.3.6.1.1 Rendement à charge intermédiaire et à pleine charge pour un générateur d'air chaud

Pour les générateurs d'air chaud, la méthode de calcul offre quatre alternatives dans la définition des valeurs de rendement :

- La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des

organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 17082.

- La saisie de la valeur justifiée, diminuée de 10 %, par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 17082.

- Pour la valeur déclarée, la valeur utilisée dans le calcul est égale à :

Rendement à pleine charge :

$$R_{pn} = \text{Min} (0,8 \times R_{pn\text{decl}} , R_{pn\text{utile max}}) \quad (1129)$$

$R_{pn\text{decl}}$ étant la valeur déclarée par le fabricant, et $R_{pn\text{utile max}}$ étant égale à 86%.

Rendement à charge partielle :

$$R_{p\text{int}} = \text{Min} (0,8 \times R_{p\text{int decl}} , R_{p\text{int utile max}}), \quad (1130)$$

$R_{p\text{int decl}}$ étant la valeur déclarée par le fabricant, et $R_{p\text{int utile max}}$ étant égale à 81%.

- Par défaut, les valeurs indiquées dans le paragraphe 8.20.3.4 sont retenues.

Ils ne sont pas modifiés en fonction de la température aval.

8.20.3.6.1.2 Puissance maximale d'un générateur d'air chaud

La puissance maximale est la suivante :

$$P_{max} = P_{ngen} \times 1000 \text{ (W)} \quad (1131)$$

8.20.3.6.1.3 Calcul de l'énergie fournie par le générateur d'air chaud

Le calcul est identique à celui des chaudières fioul ou gaz (voir fiche dédiée).

8.20.3.6.1.4 Pertes et rendement réel d'un générateur d'air chaud

Les pertes sont calculées de la même façon que pour une chaudière gaz ou fioul (voir fiche dédiée).

8.20.3.6.2 Radiateurs gaz, poêles et inserts gaz, tubes et panneaux radiants gaz (id_{type} =103, 108, 109)

8.20.3.6.2.1 Rendement à pleine charge

Pour ce type de générateur, le rendement n'est connu qu'à pleine charge.

Pour les radiateurs gaz, poêles et inserts gaz, tubes et panneaux radiants gaz, la méthode de calcul offre quatre alternatives dans la définition des valeurs de rendement :

- La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées EN613, EN1266, EN416, EN419, EN 17175, EN15316-4.8.
- La saisie de la valeur justifiée, diminuée de 10 %, par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes

harmonisées EN613, EN1266, EN416, EN419, EN 17175, EN15316-4.8.

- Pour la valeur déclarée, la valeur utilisée dans le calcul est égale à :

$$R_{pn} = \text{Min} (0,8 \times R_{pn\text{decl}} , R_{pn \text{ utile max}}) \quad (1132)$$

$R_{pn\text{decl}}$ étant la valeur déclarée par le fabricant, et $R_{pn \text{ utile max}}$ étant égale à 86%.

- Par défaut, les valeurs indiquées dans le paragraphe 8.20.3.4 sont retenues.

Il n'est pas modifié en fonction de la température aval.

8.20.3.6.2.2 Puissance maximale

La puissance maximale est la suivante :

$$P_{max} = P_{ngen} \times 1000 (W) \quad (1133)$$

8.20.3.6.2.3 Calcul de l'énergie fournie par le générateur

Le calcul est identique à celui des chaudières fioul ou gaz (voir fiche dédiée).

8.20.3.6.2.4 Pertes et rendement réel

Il n'ya a pas de décomposition du calcul selon la charge.

Les pertes s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{Px} = f_{maj} \cdot \left(100 - \frac{R_{pn}}{PCSI}\right) \cdot \frac{Q_{fouact} \cdot PCSI}{R_{pn}} (W) \quad (1134)$$

Où :

f_{maj} est un coefficient de majoration qui tient compte du fait que les radiateurs fonctionnent en moyenne à une puissance inférieure à leur puissance nominale. Cette majoration est liée aux pertes par balayage et à la diminution du rendement de combustion.

Pour les radiateurs gaz, poêles et inserts gaz, il est donné en fonction de la présence ou non d'un ventilateur de combustion et du mode d'évacuation des fumées :

Ventilateur côté combustion	Évacuation des fumées	f_{maj}
Oui	Tout type	1,02
Non	Par micro-ventouse	1,04
Non	Par une cheminée	1,06

Tableau 129: Coefficient de majoration des pertes pour les radiateurs gaz, poêles et inserts gaz,

Pour les tubes et panneaux rayonnants, il est donné dans le en fonction de la présence ou non d'un ventilateur de combustion et du mode d'évacuation des fumées :

Type de générateur	f_{maj}
Panneaux radiants	1,00
Tubes radiants	1,06

Tableau 130: Coefficient de majoration des pertes pour les générateurs radiants.

Le rendement se déduit dans tous les cas du calcul des pertes, lui-même fonction du rendement à pleine charge :

$$\eta_{eff} \% = \frac{Q_{fouact}}{Q_{fouact} + Q_{Px}} \times 100 \times PCSI \quad (\%) \quad (1135)$$

8.20.3.6.3 Débit calorifique sur PCI

Pour l'ensemble des générateurs, le débit calorifique sur PCI au point de fonctionnement est donné par :

$$Q_{consact} = \frac{Q_{fouact}}{\eta_{eff\_ \%}} \times 100 \text{ (Wh)} \quad (1136)$$

Ce débit calorifique correspond à la consommation énergétique en mode chauffage au pas de temps considéré.

8.20.3.6.4 Consommations des auxiliaires de génération $W_{aux,pro}$

Le calcul des auxiliaires de génération est commun à tous les types de générateurs.

Ne sont considérés comme auxiliaires propres que les auxiliaires nécessaires à la génération (exemple : ventilateur de combustion, pompes fioul, ventilateur d'extraction, etc). Les pompes de circulation, même si elles servent aussi à maintenir un débit nominal dans le générateur, sont prises en compte dans le calcul des pertes de distribution.

La consommation minimale est la consommation de veille à charge nulle, et elle est considérée proportionnelle à la puissance utile:

$$W_{auxact} = R_{puis\_dispo} \times [\tau_{charge} \times (W_{aux,nom} - W_{veille}) + W_{veille}] \text{ (Wh)} \quad (1137)$$

Des valeurs par défaut de puissances sont données dans le paragraphe 8.20.3.4.

8.20.3.7 **Fonctionnement en ECS** ($id_{fonction} = 3$ et $Q_{req} > 0$)

Pour un générateur à combustion, on considère que la demande en ECS est prioritaire sur celle en chauffage. Le générateur est de ce fait appelé en premier lieu en ECS avant d'en déduire l'énergie disponible pour le chauffage.

On considère une production d'ECS intermittente : le générateur fonctionne à pleine charge sur un temps de fonctionnement $R_{fonctecs}$ inférieur ou égal à l'heure.

8.20.3.7.1 Rendement et puissance maximale

En fonctionnement intermittent, le rendement utilisé est le rendement à pleine charge :

- **Pour les accumulateurs gaz ou les chauffe-eau gaz**, on retient le rendement R_{pn} . La méthode de calcul offre deux alternatives dans la définition des valeurs de rendement :
 - La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées EN89, EN26.
 - Par défaut, les valeurs indiquées dans le paragraphe 8.20.3.4 sont retenues.

$$\eta_{eff\_ \%} = R_{pn} \text{ (\%)} \quad (1138)$$

$$P_{max} = P_{ngen} \text{ (W)} \quad (1139)$$

8.20.3.7.2 Calcul de l'énergie fournie par le générateur

On définit la demande en énergie associée à un des générateurs de l'ensemble de R_{dim} générateurs identiques :

$$Q_{reqact} = \frac{Q_{req}}{R_{dim}} \text{ (Wh)} \quad (1140)$$

L'énergie fournie dépend du ratio de puissance disponible, dépendant d'un éventuel fonctionnement en ECS au pas de temps actuel :

$$Q_{fouact} = \text{MIN}(Q_{reqact}, P_{max}) \text{ (Wh)} \quad (1141)$$

Le taux de charge du générateur est calculé de la manière suivant :

$$\tau_{charge} = \frac{Q_{fouact}}{P_{max}} \text{ (-)} \quad (1142)$$

8.20.3.7.3 Temps de fonctionnement en ECS

L'appareil fonctionne à puissance maximale P_{max} pendant une durée $R_{fonctecs}$, égale au taux de charge du générateur.

$$R_{fonctecs} = \tau_{charge} \text{ (-)} \quad (1143)$$

8.20.3.7.4 Pertes du générateur

Les pertes du générateur pendant son temps de fonctionnement sont les pertes à pleine charge.

Les pertes à l'arrêt sont calculées de la même manière que pour les différents générateurs en chauffage (voir 8.20.3.5 ou 8.20.3.8).

Les pertes totales sont donc les suivantes :

$$Q_{PX} = \left(100 - \frac{\eta_{eff-\%}}{PCSI}\right) \times \frac{Q_{fouact} \times PCSI}{\eta_{eff-\%}} + id_{ECS\_seule} \cdot (1 - R_{fonctecs}) \cdot Q_{P0} \quad (1144)$$

8.20.3.7.5 Consommation du générateur en ECS

La consommation d'énergie du générateur est la somme de l'énergie fournie et des pertes totales :

$$Q_{consact} = \frac{Q_{fouact}}{\eta_{eff-\%}} + id_{ECS\_seule} \cdot (1 - R_{fonctecs}) \cdot Q_{P0} \text{ (Wh)} \quad (1145)$$

8.20.3.7.6 Consommations d'auxiliaires

La consommation des auxiliaires correspond à un fonctionnement nominal au prorata de la demande :

$$W_{auxact} = R_{fonctecs} \times W_{aux,nom} + id_{ECS\_seule} \cdot (1 - R_{fonctecs}) \cdot W_{veille} \quad (Wh) \quad (1146)$$

8.20.3.8 Générateur à l'arrêt ($Q_{req} = 0 \text{ Wh}$)

Les pertes et consommations du générateur à l'arrêt dépendent du fonctionnement au pas de temps précédent.

$$Q_{fouact} = 0 \quad (Wh) \quad (1147)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (Wh) \quad (1148)$$

$$T_{charge} = 0 \quad (Wh) \quad (1149)$$

8.20.3.8.1 Pertes et consommations à l'arrêt en chauffage

Le générateur peut présenter des pertes au cours des pas de temps d'arrêt s'il est connecté de manière permanente à sa génération (cas avec priorité). Dans tous les cas, on considère qu'il a des pertes sur le pas de temps complet suivant l'arrêt. Pour respecter le fait que ces pertes (correspondant à l'énergie nécessaire pour monter la chaudière en température) se sont traduites par une consommation à un moment donnée, les pertes donnent lieu à une consommation $Q_{consact}$ non-nulle.

- Cas d'un générateur raccordé en permanence à la génération (gestion avec priorité uniquement) : $id_{raccord\_gnr} = 0$

Si $id_{a\_fonctionne}(h-1) > 0$ ou $R_{puis\_dispo} < 1$,
alors,

$$Q_{PX} = R_{puis\_dispo} \cdot MAX(Q_{P0}; Q_{P0prev}) \quad (Wh) \quad (1150)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = R_{puis\_dispo} \cdot Q_{P0}$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1151)$$

$$\eta_{eff\%} = 0 \quad (Wh) \quad (1152)$$

- Cas d'un générateur isolé hydrauliquement de la génération: $id_{raccord\_gnr} = 1$: le générateur n'a de pertes que si il a fonctionné au pas de temps précédent, ou au pas de temps actuel en ECS ($R_{puis\_dispo} < 1$).

Si $id_{a\_fonctionne}(h-1) = 1$ ou $R_{puis\_dispo} < 1$, alors,

$$Q_{PX} = R_{puis\_dispo} \cdot Q_{P0prev} \quad (Wh)$$

Sinon, si $id_{a\_fonctionne}(h-1) = 3$, alors,

$$Q_{PX} = R_{fonctecs}(h-1) \cdot Q_{P0prev} \quad (Wh) \quad (1153)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = 0 \quad (Wh)$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1154)$$

$$\eta_{eff\_ \%} = 0 \quad (1155)$$

La consommation d'auxiliaires est quant à elle égale à la consommation en mode veille et ce dans tous les cas :

$$W_{auxact} = R_{puis\_dispo} \cdot W_{veille} \quad (Wh) \quad (1156)$$

8.20.3.8.2 Pertes, consommations et auxiliaires à l'arrêt en ECS

Le générateur peut présenter des pertes au cours des pas de temps d'arrêt s'il est connecté de manière permanente à sa génération (cas avec priorité). Dans le cas d'un générateur mixte chauffage/ECS, les pertes à l'arrêt ne sont comptabilisées qu'en chauffage sur la saison de chauffe. En dehors de cette dernière, elles sont comptabilisées en ECS.

- Cas d'un générateur raccordé en permanence à la génération (gestion avec priorité uniquement) : $id_{raccord\_gnr} = 0$

Si $i_{ECS\_seule} = 1$, alors,

Si $id_{a\_fonctionne}(h - 1) > 0$, alors,

$$Q_{PX} = MAX(Q_{P0}; Q_{P0_{prev}}) \quad (Wh) \quad (1157)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = Q_{P0}$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1158)$$

$$\eta_{eff\_ \%} = 0 \quad (Wh) \quad (1159)$$

- Cas d'un générateur isolé hydrauliquement de la génération: $id_{raccord\_gnr} = 1$: le générateurs n'a de pertes que si il a fonctionné au pas de temps précédent, ou au pas de temps actuel en ECS ($R_{puis\_dispo} < 1$).

Si $i_{ECS\_seule} = 1$, alors,

Si $id_{a\_fonctionne}(h - 1) > 0$, alors,

$$Q_{PX} = R_{fonctecs}(h - 1) \cdot Q_{P0_{prev}} \quad (Wh) \quad (1160)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = 0 \quad (Wh)$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1161)$$

$$\eta_{eff\_ \%} = 0 \quad (1162)$$

La consommation d'auxiliaires est quant à elle égale à la consommation en mode veille. Elle n'est calculée que pour un générateur ne faisant que l'ECS (ou mixte hors période de chauffage). Pour les générateurs mixtes en période de chauffage, elle est comptabilisée sur le poste chauffage.

Si $i_{ECS\_seule} = 1$, alors,

$$W_{auxact} = W_{veille} \quad (Wh) \quad (1163)$$

8.20.3.9 Calcul des flux thermiques vers l'ambiance chauffé

Une partie des pertes et consommations d'auxiliaires du générateur peuvent donner lieu à des flux thermiques récupérables. Seules les pertes par les parois des générateurs sont considérées comme émises dans l'ambiance de la génération. Les pertes par les parois ne représentent pas la totalité des pertes à l'arrêt. A charge nulle, la part des pertes par les parois est noté $p_{Qp.g.arret}$: sa valeur dépend des propriétés du générateur définies au travers de id_{pertes_parois} .

id_{pertes_parois}	Propriété du générateur associée	$p_{Qp.g.arret}$
1	Absence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	0,50
2	Présence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	0,75
3	Présence de clapet sur le conduit de fumées	1

Tableau 131: pertes par les parois du générateur à l'arrêt en fonction des propriétés du générateur

Conventionnellement, pour les appareils gaz ou fioul, à charge non-nulle, on considère que les pertes par les parois représentent **30%** des pertes totales. Pour les chaudières bois, ce ratio est pris égal à **25%**. Si le générateur se trouve hors volume chauffé, le flux vers le volume chauffé est nul.

Propriétés du générateur associé	$p_{Qp.g.fonct}$
Chaudières bois ($id_{type}=400$)	0,25
Tout autre type de générateur	0,30

Tableau 132 : part des pertes par les parois du générateur en fonctionnement

Au final, pour un générateur :

Si $id_{a.fonctionne}(h) > 0$, alors,

$$\varphi_{threac} = id_{pos\_gen} \times (Q_{PX} \times p_{Qp.g.fonct} + W_{auxact}) \quad (Wh) \quad (1164)$$

Sinon,

$$\varphi_{threac} = id_{pos\_gen} \times (Q_{PX} \times p_{Qp.g.arret} + W_{auxact})$$

8.20.3.10 Calcul du Q_{p0prev}

Si $Q_{req} > 0$, alors,

$$Q_{p0prev} = Q_{p0} \quad (1165)$$

8.20.3.11 Calcul des sorties

La consommation en énergie finale du générateur est insérée dans la case correspondant à l'usage (chauffage, refroidissement et/ou ECS) et au type d'énergie.

En Wh	10: Gaz	20: Fioul	30: Charbon	40: Bois	50: Electricité	60: Réseau
1 : Chauffage	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			

2: Refroidiss.	$Q_{cef(2;10)}$	...				
3: ECS	...					...

Tableau 133: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef(po;én)}(h)\}$

La consommation totale dans le cas d'un ensemble de générateurs identiques est :

$$Q_{cons} = Q_{consact} \times R_{dim} \quad (Wh) \quad (1166)$$

$$W_{aux,pro} = W_{auxact} \times R_{dim} \quad (1167)$$

$$Q_{cef(idfonction;id\_engen)} = Q_{cons} \quad (1168)$$

Puis, faire :

$$Q_{cef(idfonction;50)} = Q_{cef(idfonction;50)} + W_{aux,pro}$$

L'énergie totale fournie par l'ensemble des générateurs identiques est :

$$Q_{fou} = Q_{fousact} \times R_{dim} \quad (Wh) \quad (1169)$$

Les pertes thermiques vers l'ambiance sont ramenées au nombre total de générateurs à combustion identiques :

$$\Phi_{vc} = R_{dim} \times \Phi_{t_{\square}react} \quad (Wh) \quad (1170)$$

L'énergie restant à fournir est la suivante:

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou} \quad (Wh) \quad (1171)$$

Pour finir, le rendement du générateur est converti en réel :

$$\eta_{eff} = \frac{\eta_{eff-\%}}{100} \quad (-) \quad (1172)$$

8.21 C_GEN_système de cogénération

8.21.1 INTRODUCTION

Dans la présente fiche, on réalise la description du comportement des générateurs de cogénération intégrés au bâtiment, désignées sous l'acronyme CHP.

La fiche concerne tous les cogénérateurs de débit calorifique (consommation d'énergie associée au combustible) inférieur à 70kW et puissance électrique générée nominale inférieur à 50 kW, appartenant aux technologies suivantes :

- Moteur à combustion interne,
- Moteur Stirling,
- Micro-turbine.

Les unités basées sur des piles à combustible sont exclues du champ d'application de la fiche.

A l'instar des autres fiches décrivant le fonctionnement des générateurs, elle regroupe les informations relatives aux calculs des rendements, des pertes thermiques, des puissances absorbées, de la consommation des auxiliaires et de la production d'électricité.

L'algorithme se base sur des lois d'interpolation linéaire entre les points de fonctionnement connus de l'unité de cogénération.

8.21.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 134 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{aval,ECS}(h)$ $\theta_{aval,CH}(h)$	Température moyenne d'eau de chauffage ou ECS au pas de temps h	°C
$\theta_{amb}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve le générateur.	°C
$Q_{req,CH}(h)$ $Q_{req,ECS}(h)$	Quantité d'énergie thermique à fournir par le générateur au pas de temps h pour le poste chauffage ou ECS	Wh
$i_{ECS\_seule}(h)$	Indicateur de production ECS seule au pas de temps h	Bool

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max
R_{dim}	Nombre de générateurs identiques raccordés en parallèle	Ent	1	$+\infty$
$id_{raccord\_gnr}$	Type de raccordement hydraulique des <i>générateurs composant la génération</i> : <i>0 : Permanent,</i> <i>1 : Avec isolement possible</i>	Ent	0	1

	<i>id_{pos_gen}</i>	Position de la génération : 1 : <i>En volume chauffé</i> , 0 : <i>Hors volume chauffé</i> .	Ent	0	1	
Paramètres utilisateurs						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Valeur par défaut ?
Généralités	<i>id_{fougen}</i>	Fonction du générateur 1 : <i>chauffage seul</i> , 3 : <i>ECS seule</i> , 4 : <i>chauffage et ECS</i>	Ent	1	6	Non
	<i>type_{combustible}</i>	Type de combustible du générateur : 0 : <i>gaz naturel</i> , 1 : <i>GPL</i> , 2 : <i>fioul domestique</i> 3 : <i>bois bûches</i> 4 : <i>bois granulés</i> 5 : <i>bois plaquettes</i>	Ent	0	5	Non
	<i>ind_{condensation}</i>	Indicateur de micro-cogénérateur à condensation : 0 : <i>micro-cogénérateur standard</i> 1 : <i>micro-cogénérateur à condensation</i>	Ent	0	1	Oui
	<i>type_{chp}</i>	Type de micro-cogénérateur : 0 : <i>moteur à combustion interne</i> , 1 : <i>moteur Stirling</i> , 2 : <i>micro-turbine</i>	Ent	0	2	Non
	<i>id_{app_inte}</i>	Présence d'un appoint intégré de type brûleur : 0 : <i>Non</i> 1 : <i>Oui</i>	Bool	0	1	Non
	<i>P_{th;chp_100+sup_100,nom}</i>	Puissance thermique nominale, à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré	kW	0	70	Non
Cogénérateur et appoint intégré	<i>type_{valeur_}</i> <i>P_{waux,chp_100+sup_100}</i>	Statut de la donnée de puissance thermique nominale, à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré (désignée aussi par « à pleine charge ») : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur mesurée	Ent	0	1	Non
	<i>Statut_{chp100sup100}</i>	Statut des données de rendements thermique et de production électrique sur PCS du générateur à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur déclarée 2 : Valeur justifiée 3 : Valeur certifiée	Ent	0	3	Non
	<i>P_{waux,chp_100+sup_100}</i>	Puissance électrique absorbée par les auxiliaires à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré (désignée aussi par « à pleine charge »)	kW	0	+∞	Oui

	$\eta_{th;chp\_100+sup\_100,nom}$	Rendement thermique sur PCS du générateur à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré (si toutes valeurs autres que par défaut)	%	0	100	Oui
	$\eta_{el;chp\_100+sup\_100,nom}$	Rendement de production électrique sur PCS du générateur à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré (si toutes valeurs autres que par défaut)	%	0	100	Oui
	$P_{th;chp\_100+sup\_0,nom}$	Puissance thermique nominale, à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré	kW	0	70	Non
	<i>Statut_chp100sup0</i>	Statut des données de rendements thermique et de production électrique sur PCS, et de puissance électriques d'auxiliaires absorbées, à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur déclarée 2 : Valeur justifiée 3 : Valeur certifiée	Ent	0	3	Non
	$P_{Waux,chp\_100+sup\_0}$	Puissance électrique absorbée par les auxiliaires à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré (désignée aussi par « à charge partielle ») (si valeur mesurée)	kW	0	$+\infty$	Oui
	$\eta_{th;chp\_100+sup\_0,nom}$	Rendement thermique sur PCS du générateur à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré (si toutes valeurs autres que par défaut)	%	0	100	Oui
	$\eta_{el;chp\_100+sup\_0,nom}$	Rendement de production électrique sur PCS du générateur à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré (si toutes valeurs autres que par défaut)	%	0	100	Oui
Cogénérateur seul	<i>Statut_Pth_chp_min</i>	Statut de la donnée de puissance thermique minimale de fonctionnement stabilisé du générateur CHP : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur mesurée	Ent	0	1	Non
	P_{th,chp_min}	Puissance thermique minimale de fonctionnement stabilisé du générateur CHP (si valeur mesurée)	kW	0	70	Oui
	<i>Statut_Phi_th_stab_30</i>	Statut de la donnée de pertes thermiques en régime stabilisé de l'appareil ($\phi_{th,stab,30}$) : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur mesurée	Ent	0	1	Non
	$\phi_{th,stab,30}$	Pertes thermiques en régime stabilisé de l'appareil pour une température moyenne d'eau de 50°C et une température ambiante de 20°C (si valeur mesurée)	W	0	$+\infty$	Oui
A l'arrêt	<i>Statut_Pw_aux_veille</i>	Statut de la donnée de puissance électrique absorbée en mode veille ($P_{Waux,veille}$) : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur mesurée	Ent	0	1	Non
	$P_{Waux,veille}$	Puissance électrique absorbée par les auxiliaires en mode veille	W	0	$+\infty$	Oui

Paramètres conventionnels

Nom	Description	Unité	Conv.
id_{engen}	Indicateur relatif à l'énergie principale du générateur.	ent	Voir Tableau 136

$PCSI$	Valeur de PCSI adoptée pour le calcul	réel	Voir Tableau 136
α_{th} α_{el}	Coefficients de correction du rendement thermique et électrique en fonction de la température aval	réel	Voir Tableau 137
$\theta_{av,ref,chp100+sup0}$	Température aval de référence pour la définition des rendements à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré	°C	Voir Tableau 137
$\theta_{av,ref,chp100+sup100}$	Température aval de référence pour la définition des rendements à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré	°C	Voir Tableau 137
f_{pa}	Fraction des pertes du générateur correspondant à un échange thermique avec l'ambiance dans lequel il se situe	réel	0,3

Sorties

Nom	Description	Unité
$\{Q_{ceff(fo.,en.)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur pour le type d'énergie principal	Wh
$Q_{fou,ch}(h)$ $Q_{fou,ecs}(h)$	Quantité d'énergie totale effectivement fournie par le générateur en chauffage et ECS	Wh
$\tau_{charge}(h)$	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel
$W_{aux,pro}(h)$	Consommations d'auxiliaire propre au processus de génération.	Wh
$\eta_{eff}(h)$	Rendement du générateur exprimé sous forme de réel.	Réel
$Q_{rest}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh
$\Phi_{vc}(h)$	Quantité d'énergie échangée entre le générateur et l'ambiance dans lequel il est placé.	Wh
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale.	Réel
$Q_{prelec}(h)$	Energie électrique produite pas l'ensemble des générateurs identiques.	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité

P_{ngen}	Puissance utile nominale du système de cogénération, appoint intégré inclus	W
$\theta_{aval}(h)$	Température moyenne d'eau aval au pas de temps h	°C
$P_{max,ch}(h)$ $P_{max,ecs}(h)$	Puissance maximale du générateur au pas de temps h pour les services chauffage et ECS	W
$P_{max,chp}(h)$ $P_{min,chp}(h)$	Puissance minimale et maximale du générateur sans recourt au brûleur d'appoint au pas de temps h	W
$\tau_{charge\_ch}(h)$	Taux de charge du générateur pour le service chauffage	Réel
$R_{puis,dispo}(h)$	Ratio de puissance disponible pour le poste chauffage	Réel
$Q_{pertes}(h)$	Quantité d'énergie perdue par l'enveloppe du micro-cogénérateur et dans les fumées	Wh
$Q_{req}(h)$	Quantité d'énergie à fournir totale, tout poste confondu	Wh
$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie fournie totale, tout poste confondu	Wh
$\phi_{th,stab}(h)$	Pertes thermiques en régime stabilisé de l'appareil ramenée à la température aval	W
$\Phi_{pertes,chpmin}(h)$	Pertes thermiques du micro-cogénérateur au taux de charge correspondant à $P_{chp,min}$	W
$\Phi_{pertes,chp100+sup0}(h)$	Pertes thermiques du micro-cogénérateur à 100% de charge du module CHP et 0% de charge du brûleur d'appoint	W
$\Phi_{pertes,chp100+sup100}(h)$	Pertes thermiques du micro-cogénérateur à 100% de charge du module CHP et 100% de charge du brûleur d'appoint	W
f_X	Facteur d'interpolation	Réel

Constantes

Nom	Description	Unité	Valeur
$PCSI\{type\_combustible\}$	Ratio du PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur) sur le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)	Réel	Voir <i>Tableau 136</i>
t_h	Durée d'un pas de temps de simulation	h	1

Tableau 135 : Nomenclature du modèle

8.21.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.21.3.1 Informations générales et pré-processeurs

8.21.3.1.1 Prise en compte du type de combustible

Le type de combustible de l'unité de cogénération et son appoint (supposé commun aux deux) est défini au travers du paramètre `type_combustible` :

Combustible (<code>type_combustible</code>)	Id_{engen}	PCSI
1 : Gaz naturel	10	1,11
2 : GPL (Butane et Propane)	10	1,09
3 : FOD	20	1,07
4 : Bois bûche	40	1,08
5 : Bois granulés	40	1,08
6 : Bois plaquettes	40	1,08

Tableau 136: Valeur du coefficient PCSI en fonction du type de combustible

La valeur adoptée pour le coefficient PCSI du bois correspond aux caractéristiques suivantes : 15% d'humidité et avec une teneur en hydrogène moyen de 6%.

8.21.3.1.2 Prise en compte de la technologie de micro-cogénérateur

	Micro-cogénérateur standard $ind_{condensation} = 0$	Micro- cogénérateur à condensation $ind_{condensation} = 1$
α_{th}	0,04	0,2
α_{el}	0	0
$\theta_{av,ref,chp100+sup0}$	53,5°C (régime 47/60°C)	35°C (régime 30/40°C)
$\theta_{av,ref,chp100+sup100}$	70°C (régime 60/80°C)	50°C (régime 40/60°C)

Tableau 137: paramètres micro-cogénérateur standard et à condensation

Note : $\alpha_{th} = 0,04$ signifie que le rendement thermique du micro-cogénérateur augmente de 0,04 point de rendement sur PCS (en %) quand la température aval de fonctionnement diminue de 1°C par rapport à la température de référence de la mesure de rendement effectuée. Ainsi, un rendement thermique de 70% à 70°C de température aval est porté à 70,4% à 60°C de température aval.

La puissance thermique utile nominale P_{ngen} (W) du générateur est celle mesurée dans les conditions nominales définies dans le Tableau 137. Elle dépend de la présence ou non d'un appoint intégré :

- Cas sans appoint intégré :

$$P_{ngen} = P_{th;chp_{100}+sup_{0}} \quad (1173)$$

- Cas avec appoint brûleur intégré :

$$P_{ngen} = P_{th;chp_{100}+sup_{100}} \quad (1174)$$

8.21.3.1.3 Prise en compte des statuts de données

Les données de performance du micro-cogénérateurs à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré (le cas échéant) et à 100% de charge du générateur CHP et 0% de charge de l'appoint intégré sont soumis à la prise en compte de correction en fonction de leur statut. Ces données doivent être mesurées selon la norme d'essai de référence *NF EN 50465 (2015-03-25) Appareils à gaz - Appareils produisant de la chaleur et de l'électricité combinées dont le débit calorifique nominal est inférieur ou égal à 70 kW*.

Cela concerne les rendements thermiques et électriques ainsi que les puissances électriques absorbées à pleine charge, soit :

- $\eta_{th,chp100+sup0,nom}$ (%), $\eta_{el,chp100+sup0,nom}$ (%) et $P_{w_{aux,chp100+sup0}}$ (kW), dont le statut est géré à partir de la valeur de *Statut_chp100sup0*,
- $\eta_{th,chp100+sup100,nom}$ (%), $\eta_{el,chp100+sup100,nom}$ (%) et $P_{w_{aux,chp100+sup100}}$ (kW), si $id_{app_{inte}} = 1$, dont le statut est géré à partir de la valeur de *Statut_chp100sup100*,

Les différents statuts de données suivants (valeurs de *Statut_chp100sup100* et *Statut_chp100sup0*) sont possibles:

- **0 : par défaut** : aucune information disponible.

Les rendements thermiques et électriques sont pris égaux aux valeurs utiles maximales des Tableau 138 et Tableau 139 multipliées par un facteur 0,8.

Les puissances électriques absorbées sont prises égales aux valeurs utiles maximales des Tableau 138 et Tableau 139 multipliées par un facteur 1,2.

- **1 : déclarée** : est déclarée par le fabricant du produit.

Chaque rendement thermique ou électrique est pris égal au minimum de la valeur saisie par l'utilisateur multipliée par un facteur 0,8 et de la valeur utile maximale correspondante dans les Tableau 138 et Tableau 139.

Chaque puissance électrique absorbée est prise égale au maximum de la valeur saisie par l'utilisateur multipliée par un facteur 1,2 et de la valeur utile maximale des Tableau 138 et Tableau 139.

- **2 : justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme *NF EN 50465*.

Les rendements thermiques et électriques sont pris égaux aux valeurs saisies par l'utilisateur multipliées par un facteur 0,9.

Les puissances électriques absorbées sont prises égales aux valeurs saisies par l'utilisateur

multipliées par un facteur 1,1.

- **3 : certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme *NF EN 50465*,

Ci-dessous sont listées l'ensemble des valeurs utiles maximales dans les cas sans appoint intégré ($id_{app\_inte} = 0$) :

	Type de micro-cogénérateur type_chp			
	0 : MCI		1 : Stirling	2 : micro-turbine
	Gaz naturel Ou GPL	FOD		
ind _{condensation}	0 : micro-cogénérateur standard			
$\eta_{th, chp100+sup0, nom}$ (%)	66%		80%	66%
$\eta_{el, chp100+sup0, nom}$ (%)	24%		15%	24%
$Pw_{aux, chp100+sup0}$ (kW)	$\frac{45}{1000} \cdot (P_{th, chp100+sup0})^{0,48}$			

Tableau 138: Valeurs utiles maximales des rendements et puissance d'auxiliaires pour un micro-cogénérateur sans appoint intégré

Pour le cas appoint intégré ($id_{app\_inte} = 1$), on utilise les valeurs du tableau ci-dessus déterminer les caractéristiques par défaut de l'ensemble du micro-cogénérateur avec appoint intégré. Le rendement thermique du brûleur d'appoint intégré par défaut est pris égal à 90%. Ainsi :

$$fx = \frac{P_{th, chp100+sup0}}{P_{th, chp100+sup100}} \quad (1175)$$

$$\eta_{th, chp100+sup100, nom} = \frac{1}{\frac{fx}{\eta_{th, chp100+sup0, nom}} + \frac{1-fx}{90\%}} \quad (1176)$$

$$\eta_{el, chp100+sup100, nom} = fx \cdot \eta_{el, chp100+sup0, nom} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup100, nom}}{\eta_{th, chp100+sup0, nom}} \quad (1177)$$

$$P_{w_{aux, chp100+sup100}} = \frac{45}{1000} \cdot (P_{th, chp100+sup100})^{0,48} \quad (1178)$$

Tableau 139: Valeurs utiles maximales des rendements et puissance d'auxiliaires pour un micro-cogénérateur à appoint intégré

Par ailleurs, pour les paramètres secondaires de caractérisation de la charge partielle ou nulle du générateur, les valeurs par défaut sont précisées dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs sont appliquées dès lors que le paramètre de Statut correspondant (voir nomenclature) est fixé à 0 :

	Type de micro-cogénérateur type_chp			
	0 : MCI		1 : Stirling	2 : micro-turbine
	Gaz naturel Ou GPL	FOD		
$P_{th,chp\_min} (kW)$	60% . $P_{th;chp100+sup0}$			
$\phi_{th,stab,30} (W)$	Si $id_{app\_inte} = 0$: $1000.4,25\% . \frac{P_{th;chp100+sup0}}{(P_{th;chp100+sup0})^{0,4}}$			

	$\text{Si } id_{app\_inte} = 1 : 1000.4,25\% \cdot \frac{P_{th;chp100+sup100}}{(P_{th;chp100+sup100})^{0,4}}$
$P_{w_{aux,veille}} (W)$	15 W

Tableau 140: Valeur par défaut des paramètres de caractérisation de la charge partielle ou nulle

8.21.3.2 Déroulement du calcul au pas de temps horaire

8.21.3.2.1 Correction des rendements nominaux en fonction de la température aval a chaque pas de temps

Les rendements thermique et électrique sont mesurés dans des conditions de température donnée. Lorsque la température aval imposée au pas de temps h est différente de celle maintenue au cours des mesures, il convient de corriger les valeurs de rendements utilisés dans le calcul.

La correction appliquée des rendements en fonction de la température aval au pas de temps h est illustrée ci-dessous :

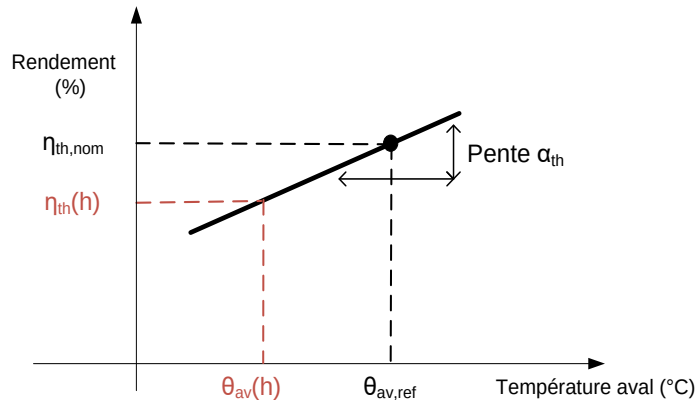


Figure 114: principe de la correction de rendement en fonction de la température aval

A un pas de temps où un seul service (chauffage ou ECS) est utilisé, les rendements sont corrigés en fonction de la température aval du poste en question. Lors d'un fonctionnement double service (demande en chauffage et ECS simultané au pas de temps h), la correction sera basée sur la moyenne des températures aval des deux postes pondérées par les quantités d'énergie à fournir :

$$\theta_{aval}(h) = \frac{Q_{req,ecs}(h) \cdot \theta_{aval,ecs}(h) + Q_{req,ch}(h) \cdot \theta_{aval,ch}(h)}{Q_{req,ecs}(h) + Q_{req,ch}(h)} \quad (1179)$$

Ainsi :

- Pour le module CHP seul :

$$\begin{aligned} \eta_{th,chp100+sup0}(h) &= \eta_{th,chp100+sup0,nom} \\ &+ \alpha_{th} \cdot (\theta_{av,ref,chp100+sup0} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1180)$$

$$\begin{aligned} \eta_{el,chp100+sup0}(h) &= \eta_{el,chp100+sup0,nom} \\ &+ \alpha_{el} \cdot (\theta_{av,ref,chp100+sup0} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1181)$$

- Pour le module CHP + l'appoint brûleur intégré :

$$\begin{aligned} \eta_{th,chp100+sup100}(h) &= \eta_{th,chp100+sup100,nom} \\ &+ \alpha_{th} \cdot (\theta_{av,ref,chp100+sup100} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1182)$$

$$\begin{aligned}\eta_{el, chp100+sup100}(h) \\ &= \eta_{el, chp100+sup100, nom} \\ &+ \alpha_{el} \cdot (\theta_{av, ref, chp100+sup100} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1183)$$

Correction des pertes thermiques en régime stabilisé en fonction de la température aval au pas de temps h :

$$\phi_{thstab}(h) = MAX \left[0, 0 ; \phi_{thstab, 30} \cdot \left(\frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{amb}(h)}{30^\circ C} \right)^{1,25} \right] \quad (\text{en } W) \quad (1184)$$

Calcul de la puissance maximale du micro-cogénérateur au pas de temps h :

$$P_{max}(h) = 1000 \cdot P_{th, chp100+sup100} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup100}(h)}{\eta_{th, chp100+sup100, nom}} \quad (\text{en } W) \quad (1185)$$

Dans le cas où le générateur ne contient pas d'appoint intégré, $P_{max}(h)$ est prise égale à $P_{max, chp}(h)$.

Correction des puissances thermiques maximale et minimale régulée maintenue du module CHP seul :

$$P_{max, chp}(h) = 1000 \cdot P_{th, chp100+sup0} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup0}(h)}{\eta_{th, chp100+sup0, nom}} \quad (\text{en } W) \quad (1186)$$

$$P_{min, chp}(h) = 1000 \cdot P_{th, chp, min} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup100}(h)}{\eta_{th, chp100+sup100, nom}} \quad (\text{en } W) \quad (1187)$$

8.21.3.2.2 Calcul de la quantité d'énergie fournie pour le service ECS

La première étape consiste à calculer de la quantité d'énergie fournie au pas de temps h pour le service ECS, qui intervient en premier dans le calcul à chaque pas de temps. Cette quantité d'énergie est plafonnée par la puissance maximale du générateur. Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), le besoin $Q_{req, ECS}(h)$ est divisé par le nombre de générateur identique R_{dim} à cette étape :

$$Q_{fou, ECS}(h) = MIN \left(P_{max, ecs}(h) \cdot t_h ; \frac{Q_{req, ECS}(h)}{R_{dim}} \right) \quad (\text{en } Wh) \quad (1188)$$

$P_{max, ecs}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation (1185) à partir de la température aval propre au mode ECS.

Calcul de la part d'énergie fournie pour le poste ECS (utilisée dans le cas double service) :

$$R_{fonct, ECS}(h) = \frac{Q_{fou, ECS}(h)}{P_{max}(h) \cdot t_h} \quad (1189)$$

Note : si $Q_{fou, ECS}(h)$ est nul, alors $R_{fonct, ECS}(h)$ l'est également.

Calcul de la quantité d'énergie restant $Q_{rest}(h)$ à fournir par un appoint externe au micro-cogénérateur au pas de temps h :

$$Q_{rest, ECS}(h) = Q_{req, ECS}(h) - Q_{fou, ECS}(h) \quad (\text{en } Wh) \quad (1190)$$

8.21.3.2.3 Calcul de la quantité d'énergie fournie pour le service chauffage

La seconde étape consiste à calculer de la quantité d'énergie fournie au pas de temps h pour le service chauffage. Cette quantité d'énergie est plafonnée par la puissance maximale du générateur.

Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), le besoin $Q_{req,CH}(h)$ est divisé par le nombre de générateur identique R_{dim} à cette étape :

$$Q_{fou,CH}(h) = MIN \left(R_{puisdispo}(h) \cdot P_{max,ch}(h) \cdot t_h; \frac{Q_{req,CH}(h)}{R_{dim}} \right) \quad (\text{en Wh}) \quad (1191)$$

$P_{max,ch}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation (1185) à partir de la température aval du mode chauffage.

$R_{puis,dispo}$ est le ratio de puissance disponible pour le poste chauffage :

$$R_{puisdispo}(h) = 1,0 - R_{fonct,ecs}(h) \quad (1192)$$

On calcule également le taux de charge relatif pour le poste chauffage :

$$\tau_{charge\_ch}(h) = \frac{Q_{fou,CH}(h)}{R_{puisdispo}(h) \cdot P_{max,ch}(h)} \quad (1193)$$

Calcul de la quantité d'énergie restant $Q_{rest}(h)$ à fournir par un appoint externe au micro-cogénérateur au pas de temps h :

$$Q_{rest,CH}(h) = Q_{req,CH}(h) - Q_{fou,CH}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1194)$$

8.21.3.2.4 Calcul des pertes thermiques, puissance électrique produite et absorbée à pleine charge et charges intermédiaires

En préalable aux calculs des consommations, il convient de réaliser le calcul des pertes thermiques, de la puissance de production électrique nominale et de la puissance électrique absorbée par le micro-cogénérateur à plusieurs niveaux de charge thermique caractéristiques (à la puissance minimale maintenue / maximale du module de cogénération seul, et à la puissance maximale en incluant la contribution du brûleur intégré). Connaissant l'état du générateur à ces différents palliers, il sera ensuite possible de réaliser des interpolations en fonction du taux de charge effectif du générateur au pas de temps en cours.

Ainsi, on définit :

- $\phi_{pertes,chpmin}$, $Pw_{prelec,chpmin}$ et $Pw_{aux,chpmin}$ pertes thermiques, puissance de production d'électricité et puissance électrique absorbée par les auxiliaires au taux de charge correspondant à la puissance thermique $P_{chp,min}$:

$$\phi_{pertes,chp\_min}(h) = \left(\frac{100\%}{\eta_{th,chp100+sup0}(h) + \eta_{el,chp100+sup0}(h)} - 1 \right) \cdot P_{min,chp}(h) \quad (\text{en W}) \quad (1195)$$

$$Pw_{prelec,chp\_min}(h) = \frac{\eta_{el,chp100+sup0}(h)}{\eta_{th,chp100+sup0}(h)} \cdot P_{min,chp}(h) \quad (\text{en W}) \quad (1196)$$

$$Pw_{aux,chp\_min}(h) = Pw_{aux,chp100+sup0} \cdot \frac{P_{min,chp}(h)}{P_{max,chp}(h)} \quad (\text{en W}) \quad (1197)$$

- $\phi_{pertes,chp100+sup0}$, $Pw_{prelec,chp100+sup0}$ et $Pw_{aux,chp100+sup0}$ pertes thermiques, puissance de production d'électricité et puissance électrique absorbée par les auxiliaires à 100% de charge du module CHP et 0% de charge du brûleur d'appoint :

$$\phi_{\text{pertes, chp100+sup0}}(h) = \left(\frac{100\%}{\eta_{th, \text{chp100+sup0}}(h) + \eta_{el, \text{chp100+sup0}}(h)} - 1 \right) \cdot P_{\text{max, chp}}(h) \quad (\text{en W}) \quad (1198)$$

$$P_{\text{wprelec, chp100+sup0}}(h) = \frac{\eta_{el, \text{chp100+sup0}}(h)}{\eta_{th, \text{chp100+sup0}}(h)} \cdot P_{\text{max, chp}}(h) \quad (\text{en W}) \quad (1199)$$

$P_{\text{waux, chp100+sup0}}$ est un paramètre directement défini par l'utilisateur.

- $\phi_{\text{pertes, chp100+sup100}}$, $P_{\text{wprelec, chp100+sup100}}$ et $P_{\text{waux, chp100+sup100}}$ pertes thermiques, puissance de production d'électricité et puissance électrique absorbée par les auxiliaires à 100% de charge du module CHP et 100% de charge du brûleur d'appoint :

$$\phi_{\text{pertes, chp100+sup100}}(h) = \left(\frac{100\%}{\eta_{th, \text{chp100+sup100}}(h) + \eta_{el, \text{chp100+sup100}}(h)} - 1 \right) \cdot P_{\text{max}}(h) \quad (1200)$$

$$P_{\text{wprelec, chp100+sup100}}(h) = \frac{\eta_{el, \text{chp100+sup100}}(h)}{\eta_{th, \text{chp100+sup100}}(h)} \cdot P_{\text{max}}(h) \quad (\text{en W}) \quad (1201)$$

$P_{\text{waux, chp100+sup100}}$ est un paramètre directement défini par l'utilisateur.

8.21.3.2.5 Calcul des quantités d'énergie consommées et produite

Le mode de fonctionnement du générateur, et donc ses performances, dépendent de son taux de charge. Par conséquent, le calcul des quantités d'énergie consommées et produite est décliné en fonction de la valeur de $Q_{\text{fou}}(h)$, quantité d'énergie thermique totale par fournie le micro-cogénérateur au pas de temps h (Wh). Pour un micro-cogénérateur double service, $Q_{\text{fou}}(h)$ est la somme des quantités d'énergie fournies en chauffage et ECS :

$$Q_{\text{fou}}(h) = Q_{\text{fou, CH}}(h) + Q_{\text{fou, ECS}}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1202)$$

$$\tau_{\text{charge}}(h) = R_{\text{fonctecs}}(h) + R_{\text{puisdispo}}(h) \cdot \tau_{\text{charge\_ch}}(h) \quad (1203)$$

Si $\tau_{\text{charge}}(h) = 0$ Wh, alors le générateur est considéré à l'arrêt (voir §8.21.3.2.7). Il ne fournit pas d'énergie, mais sa consommation d'auxiliaire et de veilleuse sont non-nulles. Dans le reste des cas, le générateur est considéré en fonctionnement (voir §8.21.3.2.6).

Le micro-cogénérateur est supposé fonctionner avec des organes hydrauliques de temporisation (accumulateur, bouteille de séparation) permettant de lisser son fonctionnement. La production ECS sera supposée accumulée ou semi-accumulée (non-instantannée).

Le temps d'allumage du micro-cogénérateur est supposé suffisamment inférieur à la durée du pas de temps pour pouvoir le négliger.

8.21.3.2.6 Bilan énergétique du micro-cogénérateur en période de fonctionnement

Le générateur peut adopter plusieurs mode de fonctionnement en fonction de la quantité d'énergie fournie Q_{fou} :

- Si $0 < \tau_{\text{charge}}(h) < \frac{P_{\text{minchp}}(h)}{P_{\text{max}}(h)}$, alors le générateur fonctionne en module CHP seulement et en cycles tout ou rien.
- Si $\frac{P_{\text{minchp}}(h)}{P_{\text{max}}(h)} < \tau_{\text{charge}}(h) < \frac{P_{\text{maxchp}}(h)}{P_{\text{max}}(h)}$, alors le générateur fonctionne avec le module CHP seulement et mode régulé maintenu.
- Enfin, lorsque un brûleur d'appoint intégré est présent : $\tau_{\text{charge}}(h) > \frac{P_{\text{maxchp}}(h)}{P_{\text{max}}(h)}$, alors le générateur fonctionne en mode module CHP + appoint brûleur, si ce dernier est présent.

$P_{\text{max,chp}}(h)$, $P_{\text{max,chl}}(h)$, $P_{\text{max}}(h)$ sont les puissances thermiques corrigées à la température moyenne $\theta_{\text{aval}}(h)$.

Cette logique est illustrée ci-dessous :

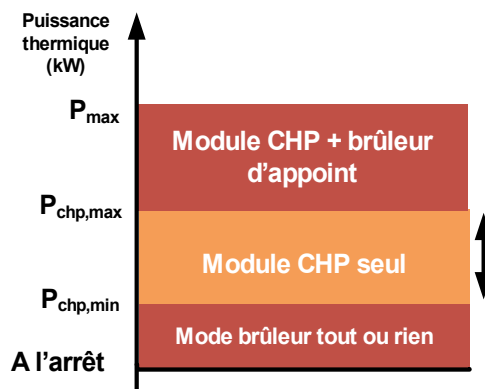


Figure 115: illustration des modes de fonctionnement du cogénérateur selon la puissance thermique moyenne fournie

Les lois d'évolution des pertes thermiques Q_{pertes} , de la production électrique Q_{prelec} et de la consommation d'auxiliaire W_{aux} dans ces différents modes de fonctionnement sont représentées ci-dessous :

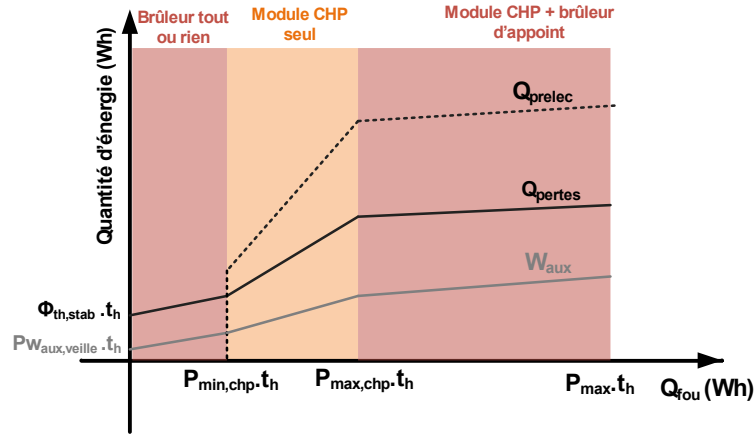


Figure 116: évolutions de Q_{pertes} , Q_{prelec} et W_{aux} entre les points de fonctionnement mesurés

Ces lois sont décrites sous forme algorithmique ci-dessous :

Si $0 < \tau_{charge}(h) \leq \frac{P_{minchp}(h)}{P_{max}(h)}$, alors le générateur fonctionne en brûleur gaz seulement et en cycles tout ou rien :

$$Q_{pertes}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes,chp\_min}(h) + (1 - fx) \cdot (\Phi_{thstab}(h) + P_{veilleuse})) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1204)$$

$$Q_{prelec}(h) = 0 \text{ (en Wh)} \quad (1205)$$

$$W_{aux,pro}(h) = (fx \cdot Pw_{aux,chp\_min}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{aux,veille}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1206)$$

Avec fx , facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{P_{minchp}(h)}{P_{max}(h)} \cdot \tau_{charge}(h) \quad (1207)$$

Si $\frac{P_{minchp}(h)}{P_{max}(h)} < \tau_{charge}(h) \leq \frac{P_{maxchp}(h)}{P_{max}(h)}$, alors le générateur fonctionne avec le module CHP seulement et mode régulé maintenu :

$$Q_{pertes}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes,chp100+sup0}(h) + (1 - fx) \cdot \Phi_{pertes,chp\_min}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1208)$$

$$Q_{prelec}(h) = (fx \cdot Pw_{prelec,chp100+sup0}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{prelec,chp,min}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1209)$$

$$W_{aux,pro}(h) = (fx \cdot Pw_{aux,chp100+sup0}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{aux,chp\_min}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1210)$$

Avec fx , facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{P_{maxchp}(h)}{P_{max}(h)} \cdot \tau_{charge}(h) \quad (1211)$$

Enfin, lorsque un brûleur d'appoint est présent : si $\tau_{charge}(h) > \frac{P_{maxchp}(h)}{P_{max}(h)}$, alors le générateur

fonctionne en mode module CHP + appoint brûleur :

$$Q_{pertes}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes, chp100+sup100}(h) + (1 - fx) \cdot \Phi_{pertes, chp100+sup0}(h)) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1212)$$

$$Q_{prelec}(h) = (fx \cdot Pw_{prelec, chp100+sup100}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{prelec, chp100+sup0}(h)) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1213)$$

$$W_{aux, pro}(h) = (fx \cdot Pw_{aux, chp100+sup100} + (1 - fx) \cdot Pw_{aux, chp100+sup0}) t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1214)$$

Avec fx , facteur d'interpolation :

$$fx = \tau_{charge}(h) \quad (1215)$$

Calcul de la quantité d'énergie équivalente en combustible principal consommée par le micro-cogénérateur (ramenée au Pouvoir Calorifique Inférieur) :

$$Q_{cons}(h) = \frac{Q_{fou}(h) + Q_{prelec}(h) + Q_{pertes}(h)}{PCSI} \quad (1216)$$

8.21.3.2.7 Bilan énergétique du micro-cogénérateur en période d'arrêt

Lorsque le générateur est considéré à l'arrêt, il ne fournit pas d'énergie et ne produit pas d'électricité. Il peut néanmoins consommer de l'électricité (auxiliaires). Par ailleurs, en l'absence de dispositif d'isolement du générateur par rapport au circuit hydraulique de la génération ($id_{raccordgnr} = 1$: raccordement permanent), les pertes à l'arrêt du générateur $\phi_{thstab}(h)$ sont comptabilisées dans les consommations.

Ainsi :

$$Q_{fou}(h) = 0 \quad (\text{en Wh}) \quad (1217)$$

$$Q_{prelec}(h) = 0 \quad (\text{en Wh}) \quad (1218)$$

$$Q_{pertes}(h) = 0 \quad (\text{en Wh}) \quad (1219)$$

$$Q_{cons}(h) = (id_{raccordgnr} \cdot \phi_{thstab}(h)) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1220)$$

$$W_{aux, pro}(h) = P_{aux, veille} \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1221)$$

Lors des périodes où le générateur fonctionne en ECS seulement ($ind_{ECS\_seule}(h) = 1$: vrai), le calcul est réalisé lors de la prise en compte du mode ECS et $t_{dispo, ch}$ n'intervient pas dans les équations ci-dessus.

Par ailleurs, si le générateur ne fonctionne qu'en mode chauffage, $t_{dispo, ch}(h)$ est toujours égal à 1.

8.21.3.2.8 Sorties complémentaires

Calcul de la fraction récupérable de la quantité d'énergie échangée entre le générateur et l'ambiance dans lequel il est placé :

$$\phi_{vc}(h) = id_{posgen} \cdot f_{pa} \cdot (Q_{pertes}(h) + W_{aux, pro}(h)) \quad (\text{en Wh}) \quad (1222)$$

Où :

- id_{posgen} prend la valeur 1 si le micro-cogénérateur est situé en volume chauffé (0 sinon),
- f_{pa} est la fraction des pertes du générateur correspondant à un échange thermique avec l'ambiance dans lequel il se situe, fixée conventionnellement à 0,3 (soit 30%).

Calcul du rendement effectif du générateur :

$$\eta_{eff}(h) = \frac{Q_{fou}(h)}{Q_{cons}(h)} \quad (1223)$$

Note : si $Q_{cons}(h)$ est nul, alors $\eta_{eff}(h)$ l'est également.

Allocation des consommations $Q_{cons}(h)$ dans le tableau de consommations $[Q_{cef(po.;en.)}(h)]$ par poste et par type d'énergie :

Si $ind_{ecs,seule}(h) = 1$ (vrai) ou $\tau_{charge\_ch}(h) = 0\%$, alors

$$Q_{cef(ecs;id_{engen})} = Q_{cons}(h)$$

$$Q_{cef(ecs;elec.)} = W_{aux,pro}(h)$$

Sinon,

$$Q_{cef(ecs;id_{engen})}(h) = Q_{cons}(h) \cdot R_{fonct,ECS}(h) \quad (1224)$$

$$Q_{cef(ecs;elec.)}(h) = W_{aux,pro}(h) \cdot R_{fonct,ECS}(h)$$

$$Q_{cef(ch;id_{engen})}(h) = Q_{cons}(h) \cdot (1,0 - R_{fonct,ECS}(h))$$

$$Q_{cef(ch;elec.)}(h) = W_{aux,pro}(h) \cdot (1,0 - R_{fonct,ECS}(h))$$

Dans le cas où on représente plusieurs générateurs identiques ($R_{dim} > 1$), l'ensemble des quantités d'énergie (Wh) listées en tant que sorties dans la nomenclature sont multipliées par R_{dim} à l'issue du calcul, à chaque pas de temps.

La quantité d'énergie électrique produite au pas de temps h , $Q_{prelec}(h)$, est ajoutée à la quantité d'énergie électrique totale produite par la génération à laquelle est intégré le micro-cogénérateur.

8.22 C_GEN_poêles et inserts

8.22.1 INTRODUCTION

La présente fiche introduit les performances des poêles et inserts en tant que générateurs de chauffage. Elle se base sur le rendement moyen de l'appareil déterminé

selon les normes associées.

8.22.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 141 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
G/R de la	Q_{req}	Demande en énergie transmise au générateur via la gestion/régulation de la génération.	Wh
	$id_{fonction}$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : <i>chauffage</i> , 2 : <i>refroidissement</i> , 3 : <i>ECS</i>), pour les générateurs multi-fonctions.	Ent

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	P_{ngen}	Puissance nominale d'un appareil, déterminée suivant la NF EN 13240 pour les poêles, la NF EN 13229 pour les inserts, la NF EN 14785 pour les appareils à granulés et la NF EN 15250 pour les poêles à libération lente de chaleur	kW	0	100	-
	$\eta_{H,sys,n}$	Rendement moyen déterminé suivant la norme NF EN 13240 pour les poêles, la NF EN 13229 pour les inserts, la NF EN 14785 pour les appareils à granulés et la NF EN 15250 pour les poêles à libération lente de chaleur	%	0	100	-
	$P_{aux,vent}$	Puissance des auxiliaires d'un poêle ou insert (ventilateur).	W	0	$+\infty$	

Paramètres d'intégration

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	R_{dim}	Nombre de générateurs identiques.	Ent	1	$+\infty$	-

Sorties

	Nom	Description	Unité
	$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh
	Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
	Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur au pas de temps h .	Wh

T_{charge}	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel
Q_{rest}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh
Φ_{vc}	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises vers l'ambiance chauffée.	Wh
$W_{aux,pro}$	Consommations d'auxiliaire au pas de temps h.	Wh
η_{eff}	COP, EER ou rendement du générateur.	Réel

Variables internes

Nom	Description	Unité
$Q_{H,sys,is,100}$	Pertes du l'appareil de chauffage à puissance nominale.	Wh
$Q_{H,sys,is,0}$	Pertes du l'appareil de chauffage à charge nulle.	Wh
Q_{reqact}	Puissance requise au niveau du générateur, en tenant compte de R_{dim} .	Wh
Q_{fouact}	Energie totale fournie par le générateur.	Wh
$\Phi_{threacact}$	Pertes thermiques effectives du générateur vers l'ambiance au pas de temps h.	Wh

Tableau 141 : Nomenclature du modèle

8.22.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.22.3.1 Paramétrage

Les appareils de chauffage au bois de type poêles et inserts correspondent au type 401. Ils ne peuvent avoir qu'un rôle de chauffage ($id_{fougen} = 1$).

8.22.3.1.1 Energie fournie par le générateur

L'énergie requise pour un poêle ou insert est la suivante :

$$Q_{reqact} = \frac{Q_{req}}{R_{dim}} \text{ (Wh)} \quad (1225)$$

L'énergie fournie est limitée par la puissance nominale de l'appareil au bois :

$$Q_{fouact} = MIN(Q_{reqact}, 1000 \cdot P_{ngen}) \text{ (Wh)} \quad (1226)$$

8.22.3.1.2 Calcul du taux de charge

La modélisation se base sur un fonctionnement du poêle ou insert en régime nominal pendant une durée proportionnelle au taux de charge :

$$\tau_{charge} = \frac{Q_{fouact}}{1000 \cdot P_{ngen}} \quad (1227)$$

8.22.3.2 Calculs des pertes de l'appareil de chauffage

Les pertes pour deux niveaux de charge différents sont exprimées une seule fois pour toute la simulation :

- Les pertes à 100 % de charge, $Q_{H,sys,ls,100}$:

$$Q_{H,sys,ls,100} = \frac{(100 - \eta_{H,sys,n})}{\eta_{H,sys,n}} \cdot P_{ngen} \text{ (Wh)} \quad (1228)$$

Avec :

- $P_{n,gen}$: Puissance déterminée suivant la NF EN 13240 pour les poêles, la NF EN 13229 pour les inserts et la NF EN 14785 pour les appareils à granulés et la NF EN 15250 pour les poêles à libération lente de chaleur.
 - $\eta_{H,sys,n}$: Rendement moyen déterminé suivant la norme NF EN 13240 pour les poêles, la NF EN 13229 pour les inserts, la NF EN 14785 pour les appareils à granulés et la NF EN 15250 pour les poêles à libération lente de chaleur.
- Les pertes à 0 % de charge, $Q_{H,sys,ls,0}$, considérées nulles :

$$Q_{H,sys,ls,0} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1229)$$

En considérant que l'appareil au bois fonctionne un temps équivalent au taux de charge à puissance nominale, le calcul horaire des pertes du générateur est le suivant :

$$\phi_{threac} = \tau_{charge} \times Q_{H,sys,ls,100} + (1 - \tau_{charge}) \times Q_{H,sys,ls,0} \text{ (Wh)} \quad (1230)$$

8.22.3.3 Calcul de la consommation de l'appareil de chauffage

$$Q_{consact} = Q_{fouact} + \phi_{threac} \text{ (Wh)} \quad (1231)$$

8.22.3.4 *Calculs des sorties*

8.22.3.4.1 Energie consommée et fournie

$$Q_{fou} = R_{dim} \cdot Q_{fouact} \quad (Wh) \quad (1232)$$

$$Q_{cons} = R_{dim} \cdot Q_{consact} \quad (Wh) \quad (1233)$$

8.22.3.4.2 Calculs de la consommation d'auxiliaire de l'appareil de chauffage

L'appareil de chauffage au bois fonctionne un temps en fraction d'heure correspondant au taux de charge. On considère qu'il n'y a pas de consommations hors fonctionnement :

$$W_{aux, pro} = R_{dim} \cdot \tau_{charge} \cdot P_{aux, vent} \quad (Wh) \quad (1234)$$

8.22.3.4.3 Calcul des pertes vers l'ambiance chauffée

L'ensemble de l'énergie fournie par l'appareil de chauffage au bois est compris dans l'énergie fournie. Les pertes calculées ϕ_{threac} calculées précédemment sont intégralement perdues :

$$\phi_{vc} = 0 \quad (Wh) \quad (1235)$$

8.22.3.4.4 Calcul de l'efficacité de l'appareil de chauffage

$$\eta_{eff} = \frac{Q_{fouact}}{Q_{consact}} \quad (1236)$$

8.22.3.4.5 Calcul de l'énergie reportée

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou} \quad (Wh) \quad (1237)$$

8.22.3.5 *Matrice des consommations du générateur*

La consommation en énergie finale du générateur est insérée dans la case correspondant à l'usage (chauffage) et au type d'énergie «40 : Bois». La consommation des auxiliaires doit également être ajouté à la matrice (type d'énergie «50 : Electricité»).

En Wh	10:Gaz	20:Fioul	30: Charbon	40: Bois	50: Electricité	60: Réseau
1 : Chauffage	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			
2: Refroidiss.	$Q_{cef(2;10)}$	...				
3 : ECS	...					...

Tableau 142 : Matrice des consommations en énergies finales {Qcef(po;en)}

8.23 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec

8.23.1 INTRODUCTION

Cette fiche permet de calculer les performances des générateurs thermodynamiques à compression électrique en fonctionnement chauffage, en fonctionnement ECS et en fonctionnement refroidissement.

Elle permet de représenter plusieurs machines identiques fonctionnant dans le ou les mêmes modes. En fonction de la puissance requise par l'émetteur ou par le réseau de distribution les valeurs calculées sont :

- Puissance absorbée,
- COP (ou EER),
- Puissance des auxiliaires,
- Pertes thermiques récupérables pour la fonction non principale

Le calcul pour une machine est mené en deux étapes :

- calcul en fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales des températures de sources,
- prise en compte de la charge partielle.

Les générateurs thermodynamiques peuvent être mono service (chauffage, refroidissement ou ECS), double service (chauffage et ECS), réversible (chauffage et refroidissement) ou triple service (chauffage, refroidissement et ECS). La description et le calcul des performances sont séparés pour chaque mode assuré par le générateur (mode chauffage, mode refroidissement et mode ECS).

Un générateur thermodynamique est défini par son type de source amont, parmi les choix suivants :

- air extérieur
- air extrait
- air de volume non-chauffé (production ECS uniquement),
- eau de nappe,
- eau glycolée,
- eau de boucle
- sol en détente directe (chauffage et production ECS uniquement).

Pour le chauffage et le refroidissement, on définit par ailleurs le type de fluide de distribution (ou source aval) :

- air intérieur recyclé,
- air neuf,
- eau,
- sol (plancher chauffant en détente directe seulement).

Un générateur thermodynamique de chauffage et/ou refroidissement à fluide de distribution air ou sol peut également assurer la production ECS.

8.23.2 NOMENCLATURE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
S. Amont	$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h			
	$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C			
Génération	$\theta_{aval,ch}(h)$	Températures de la source aval pour chaque poste	°C			
	$\theta_{aval,fr}(h)$					
	$\theta_{aval,ecs}(h)$					
	$Q_{req,ch}(h)$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W			
	$Q_{req,fr}(h)$					
	$Q_{req,ecs}(h)$					
	$R_{puis\_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel			
	$i_{ECS\_seule}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool			
	$Pfou\_source\_amont\_maxi(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc}) et des caractéristiques de l'air extrait	W			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>Non-réversible (chauffage ou refroidissement)</i> <i>Réversible (chauffage et refroidissement)</i> <i>ECS seule (en base de production-stockage)</i> <i>Double-service (en base de production-stockage)</i> <i>Triple-service (en base de production-stockage)</i>	-			
	Id_Fougen_Mod	Pour Cat_Thermo_Elec = Non-réversible, service assuré par le générateur : <i>1 : Chauffage</i> <i>2 : Refroidissement</i>	Ent	1	2	
	Sys_thermo_Ch	Technologie en mode chauffage : <i>1 : PAC air extérieur/ eau</i> <i>2 : PAC air extérieur / air recyclé</i> <i>3 : PAC air extrait / air neuf</i> <i>4 : PAC eau de nappe / eau</i> <i>5 : PAC eau glycolée / eau</i> <i>6 : PAC eau de nappe / air recyclé</i> <i>7 : PAC eau de boucle / air recyclé</i> <i>8 : PAC sol/ eau</i> <i>9 : PAC sol/sol</i>	Ent	1	9	
	Sys_thermo_Fr	Technologie en mode refroidissement : <i>1 : refroidisseur air extérieur / eau</i>	Ent	1	6	

	2 : refroidisseur air extérieur / air recyclé 3 : refroidisseur air extrait / air neuf 4 : refroidisseur eau / eau et eau glycolée / eau 5 : refroidisseur eau / air et eau de boucle / air recyclé 6 : refroidisseur eau de nappe / air recyclé				
	Technologie en mode ECS 1 : PAC air extérieur / eau 2 : PAC air extrait / eau 3 : PAC air ambiant / eau 4 : PAC eau de nappe / eau 5 : PAC sol / eau 6 : PAC eau glycolée / eau	Ent	1	6	
Sys_thermo_Ecs					
M_θ_Aval_Ch M_θ_Aval_Fr M_θ_Aval_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : θ _{av,pivot} 2 : 2 premières valeurs de θ _{av,i} 3 : etc...	Ent	1	7	
M_θ_Amont_Ch M_θ_Amont_Fr M_θ_Amont_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : θ _{amont,pivot} 2 : 2 premières valeurs de θ _{amont,j} 3 : etc...	Ent	1	7	
Statut_données_PC_ch Statut_données_PC_fr Statut_données_PC_ECS	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage					
{COR(i,j)} _{ch}	Matrice des statuts de données en mode chauffage : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
{Performance(i,j)} _{ch}	Matrice des coefficients COP selon les températures amont et aval en mode chauffage (avant prétraitement)	{-}	0	+∞	
{P _{abs} (i,j)} _{ch}	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode chauffage	{kW}	0	+∞	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage					
Statut_val_pivot_ch	Statut de la valeur Val_COP: 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
Val_COP_ch	Valeur de COP pivot déclarée en mode chauffage (avant prétraitement)	-	0	+∞	-
Val_Pabs_ch	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode chauffage	kW	0	+∞	-
Saisie des performances certifiées ou justifiées en mode ECS					
{COR(i,j)} _{ecs}	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
{Performance(i,j)} _{ecs}	Matrice des coefficients COP selon les températures amont et aval en mode ECS (avant prétraitement)	{-}	0	+∞	
{P _{abs} (i,j)} _{ecs}	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode ECS	{kW}	0	+∞	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en mode ECS					
Statut_val_pivot_ecs	Statut de la valeur COP _{pivot_ecs} : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-

Selon type de générateur
thermodynamique

Val_COP_ecs	Valeur de COP pivot déclarée en mode ECS (avant prétraitement)	-	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_ecs	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode ECS	kW	0	$+\infty$	-
Saisie des performances certifiées ou justifiées en mode refroidissement					
{COR(i,j)} _{fr}	Matrice des statuts de données en mode refroidissement 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
{Performance(i,j)} _{fr}	Matrice des coefficients EER selon les températures amont et aval en mode refroidissement (avant prétraitement)	{-}	0	$+\infty$	
{P _{abs} (i,j)} _{fr}	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode refroidissement	{kW}	0	$+\infty$	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en mode refroidissement					
Statut_val_pivot_fr	Statut de la valeur EER _{pivot_fr} : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
Val_EER	Valeur d'EER pivot déclarée en mode refroidissement (avant prétraitement)	-	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_fr	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode refroidissement	kW	0	$+\infty$	-
Limites de fonctionnement de la machine selon le mode					
Lim_th_ch	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré :				
Lim_th_ecs	0 = pas de limite				
Lim_th_fr	1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source	Ent	0	2	-
	2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source				
θ _{max_av_ch}	Température maximale aval au delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode chauffage ou ECS	°C	-50	100	-
θ _{max_av_ecs}					
θ _{min_av_fr}	Température minimale aval au delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode refroidissement	°C	-50	100	
θ _{min_am_ch}	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode chauffage ou ECS	°C	-50	100	-
θ _{min_am_ecs}					
θ _{max_av_fr}	Température maximale amont au delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode refroidissement	°C	-50	100	
Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule) ou en chauffage (double service)					
Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
Statut_fonct_continu	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« <i>contmin</i> ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	

D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	
Puissance d’auxiliaires de la machine					
Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d’auxiliaire de la machine : <i>0 : par défaut</i> <i>1 : déclarée</i>	Ent	0	1	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
Prétraitement: composition des matrices de performance					
$\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_k)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$ $\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_k)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température aval θ_i en fonction de Pabs à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_j, \theta_n)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_j, \theta_n)\}_{fr}$ $\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_n)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_j en fonction de Pabs à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			
$\{Cnn_{av\_COP}(\theta_i, \theta_k)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av\_EER}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$ $\{Cnn_{av\_COP}(\theta_i, \theta_k)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température aval θ_i en fonction du COP ou EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am\_EER}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$ $\{Cnn_{am\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température amont θ_j en fonction du COP ou EER à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			

Voir selon technologie

Paramètres d’intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Typo_emetteur_ch Typo_emetteur_fr	Inertie du système d’émission principal utilisé avec le générateur thermodynamique en mode chauffage et/ou refroidissement <i>1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti,</i> <i>2 : moyenne : radiateur, plafond d’inertie moyenne,</i> <i>3 : légère : VCV, plancher et plafond d’inertie faible,</i> <i>4 : très légère: systèmes à air.</i>	Ent	1	4	
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,ch}(h)$ $Q_{fou,fr}(h)$ $Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
$Q_{rest,ch}(h)$ $Q_{rest,fr}(h)$ $Q_{rest,ecs}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{cef\_ch(id\_engen)}\}(h)$ $\{Q_{cef\_ecs(id\_engen)}\}(h)$ $\{Q_{cef\_fr(id\_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs.	Wh

L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.

$\eta_{eff, ch}(h)$ $\eta_{eff, fr}(h)$ $\eta_{eff, ecs}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$\tau_{charge, ch}(h)$ $\tau_{charge, fr}(h)$ $\tau_{charge, ecs}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$\Phi_{rejet, ch}(h)$ $\Phi_{rejet, ecs}(h)$ $\Phi_{rejet, fr}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh			
$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur, tous modes confondus	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur en énergie finale, tous modes confondus	Wh			
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh			
$COP_{pc}(h)$ $EER_{pc}(h)$	COP (ou EER) utile à pleine charge pour le mode considéré (communiqués à C_Gen_Source_Amont).	Wh			
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel			
Idengen	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 50</i>	Ent	10	69	50
Idfluide_aval	Nature du fluide aval : <i>1 : eau</i> <i>2 : air</i> <i>3 : sol</i>	Ent	1	3	
Idfluide_amont	Nature de la source amont : <i>1 : eau</i> <i>2 : air</i> <i>3 : sol</i>	Ent	1	3	
idfougen	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>1 : Chauffage seul</i> <i>2 : Refroidissement seul</i> <i>3 : ECS seule</i> <i>4 : Chauffage et ECS</i> <i>5 : Chauffage et refroidissement</i> <i>6 : Chauffage, refroidissement et ECS</i>	Ent	1	6	

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{ch}$ $\{Val\theta_{av}(i)\}_{fr}$ $\{Val\theta_{av}(i)\}_{ecs}$	Liste des températures aval principales de la générateur en fonction du mode.	°C
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{ch}$ $\{Val\theta_{am}(j)\}_{fr}$ $\{Val\theta_{am}(j)\}_{ecs}$	Liste des températures amont principales de la en fonction du mode.	°C

N_{av_ch} N_{av_fr} N_{av_ecs}	Nombre de températures aval principales	Ent	1
N_{am_ch} N_{av_fr} N_{am_ecs}	Nombre de températures amont principales pour chaque mode	Ent	1
$\{COP_{util}(i,j)\}_{ch}$ $\{EER_{util}(i,j)\}_{fr}$ $\{COP_{util}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances (COP ou EER) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}	
$LR(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-	
$LR_{cycl}(h)$	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-	
$COP_{LR}(h)$	COP (ou EER) utile et à charge réelle pour le mode considéré	-	
$EER_{LR}(h)$		-	
$COP_{pc\_net}(h)$	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-	
$COP_{LRcontminnet}(h)$		-	
$COP_{LR\_net}(h)$		-	
$EER_{pc\_net}(h)$	EER utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-	
$EER_{LRcontminnet}(h)$		-	
$EER_{LR\_net}(h)$		-	
$P_{fou\_pc}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W	
$P_{fou\_LRcontmint}(h)$			
$P_{fou\_LR}(h)$			
$P_{abs\_pc}(h)$	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W	
$P_{abs\_LR}(h)$			
$P_{comp\_PC}(h)$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W	
$P_{comp\_LRcontmint}(h)$			
$P_{comp\_LR}(h)$			
$P_{fou\_pc\_brut}(h)$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W	
$P_{compma\_LR}(h)$	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W	
$W_{aux,0}(h)$	Puissance effective absorbée par les auxiliaires à charge nulle	W	
$Cc_{PLRcontmin\_net}(h)$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-	
$Q_{reqact}(h)$	Energie requise ramenée une machine parmi les $Rdim$ identiques	W	
$Q_{restact}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh	

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP ou EER propre à chaque technologie et à chaque mode		Voir technologie. selon
Rat _{basc,fr-ECS}	Délai de basculement entre la fonction ECS et refroidissement	h	0,25

Tableau 143 : Nomenclature du modèle

8.23.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes :

- 1) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources,
- 2) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

8.23.3.1 *Généralités de prise en compte des performances dans un mode donné*

Le COP, l'EER (efficacité frigorifique) et la puissance absorbée à pleine charge sont renseignés à l'aide de matrices en fonction des températures à l'amont et à l'ava du générateur, pour chaque mode qu'il peut couvrir. Ces températures sont différentes selon le type de gnérateur et le mode considéré.

Les matrices sont créées en début de calcul dans une phase de prétraitement.

Ensuite, au cours du calcul, c'est-à-dire à chaque pas de temps, le COP et l'EER à pleine charge aux températures réelles des sources amont et aval sont obtenus par interpolation linéaire par rapport aux températures de référence amont et aval définies par technologie dans les matrices. La puissance absorbée à pleine charge est obtenue par interpolation linéaire par rapport aux mêmes températures.

Pour le COP et pour l'EER, chaque matrice est construite autour d'une 'valeur pivot', valeur correspondant aux conditions nominales de températures de source.

Les différents statuts de donnée suivants sont possibles pour la valeur pivot :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes définies dans le Tableau 144.

Aucune correction de la valeur pivot saisie n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes définies dans le Tableau 144.

Une réduction de 10% de la valeur pivot saisie est appliquée.

- **déclarée** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% de la valeur pivot saisi est appliquée. La valeur pivot est de plus plafonnée à une valeur utile maximale, définie selon la technologie.

- **par défaut** : aucune information disponible.

La valeur pivot est imposée. Elle est prise, égale à la valeur utile maximale de la technologie réduite de 20%.

De même, pour les autres valeurs de la matrice de performance:

- **certifiées** : les valeurs sont certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes définies dans le Tableau 144.

Aucune correction du COP/EER saisi n'est appliquée.

- **justifiées** : les valeurs sont mesurées au cours d'un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre

organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes définies dans le Tableau 144.

Une réduction de 10% du COP/EER saisi est appliquée.

- **par défaut** : dès lors qu'elles ne sont ni certifiées ni justifiées, les autres valeurs de la matrice de performance sont calculées à l'aide de coefficients explicités dans le chapitre réservé à chacune des technologies.

Technologie	Mode	Norme de référence
Toute technologie autre que sol/eau	<i>Mode chauffage</i>	NF EN 14511-2⁸
	<i>Mode refroidissement</i>	NF EN 14511-2
	<i>Mode production ECS</i>	<i>Selon modalités de la fiche « Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique » :</i> NF EN 16147⁹ NF EN 14511-2
Sol/eau	<i>Mode chauffage</i>	NF EN 15879-1¹⁰
	<i>Mode production ECS</i>	<i>Selon modalités de la fiche « Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique » :</i> NF EN 16147 NF EN 15879-1

Tableau 144 : normes pour la détermination des performances des climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et PAC à compresseur entraîné par moteur électrique.

Les données certifiées et les données justifiées sont fournies par l'utilisateur selon une règle de priorité définie par type de machine. **La fourniture des valeurs mesurées devant en outre respecter l'ensemble des configurations amont/aval.** Par exemple dans le cas des machines air / eau en mode chauffage, si l'on retient $\Theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$ et $42,5^{\circ}\text{C}$ et $\Theta_{\text{amont}} = -7^{\circ}\text{C}$, 2°C et 7°C , les COP mesurés doivent être fournis pour les 6 couples $\Theta_{\text{aval}} \Theta_{\text{amont}}$.

L'entrée des données des matrices et la correction des données sont les suivantes :

- Statut_données_PC = 1 : *il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées*

Il est possible de saisir dans la matrice des données certifiées et/ou des données justifiées lorsqu'elles sont disponibles,

entrée d'un paramètre qui indique, pour chaque valeur entrée précédemment, si c'est une valeur certifiée, une valeur justifiée. Ce paramètre est rangé dans une matrice semblable à la matrice des données, {COR(i,j)} qui contient la valeur 1 chaque fois que la performances correspondante dans la matrice de performance est une valeur certifiée, 2 pour une valeur justifiée. La correction est faite automatiquement.

Les autres cases de la matrice de performances seront complétées par des valeurs par défaut, l'utilisateur n'ayant pas la possibilité de rentrer une valeur déclarée pour une performance autre que la valeur pivot.

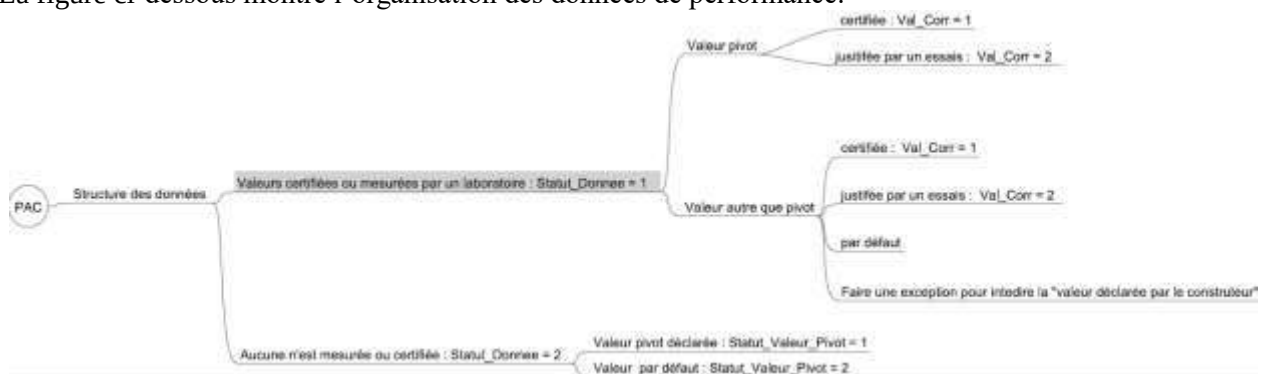
- Statut_données_PC = 2 : *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

⁸ **NF EN 14511-2** Climatiseurs, groupes refroidisseurs et PAC avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération – Partie 2 : Conditions d'essai.

⁹ **NF EN 16147** : Pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique - Essais et exigences pour le marquage des appareils pour eau chaude sanitaire.

¹⁰ **NF EN 15879-1** : Essais et détermination des caractéristiques des pompes à chaleur à détente directe avec le sol avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et/ou la réfrigération (des locaux - Partie 1 : pompes à chaleur à échange direct avec l'eau.

La valeur pivot peut être saisie uniquement si $\text{StatutCOP}_{\text{pivot}} = 1$ (valeur déclarée). Sinon ($\text{StatutCOP}_{\text{pivot}} = 2$), la valeur par défaut est utilisée. c'est une valeur par défaut qui n'est pas entrée. La figure ci-dessous montre l'organisation des données de performance.



Les températures prises en compte sont la moyenne des températures départ et retour pour le vecteur eau et la température d'entrée pour le vecteur air.

Concernant la puissance absorbée, notée P_{abs} , cette dernière comprend la puissance du ou des compresseur(s), celle des auxiliaires internes de la machine et tout ou partie de la puissance des axillaires affectés au déplacement des médiums en contact externe avec l'évaporateur et le condenseur, selon le type de machine.

A l'instar des COP/EER, les puissances absorbées en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP. Dans l'exemple, la valeur $7^{\circ}\text{C}/32,5^{\circ}\text{C}$ est donc obligatoirement fournie.

- $\text{Statut\_donnees\_PC} = 1$: *il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées*

Les valeurs prises en compte sont les valeurs résultant des essais, sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

- $\text{Statut\_donnees\_PC} = 2$: *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

On entre seulement la valeur Pivot sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

On calcule les puissances absorbées par défaut sur la base d'une variation de 1% par degré de variation de température amont ou aval (la puissance du compresseur diminuant avec l'écart $\theta_{\text{aval}} - \theta_{\text{amont}}$), en respectant les mêmes règles que pour le COP.

La procédure de création des matrices de performance est détaillée dans les chapitres suivants pour chaque mode (chauffage, ECS, refroidissement).

8.23.3.2 Configurations de générateurs thermodynamiques prises en compte

Un générateur thermodynamique à compression électrique appartient nécessairement à l'une des cinq catégories suivantes :

- Générateur thermodynamique non-réversible chauffage ou refroidissement (catégorie *Generateur_Thermodynamique_Elec_NonReversible*)

Dans ce cas, un seul mode de fonctionnement, chauffage ou refroidissement, est disponible sur le générateur. Le paramètre Id_Fougen_Mod permet de préciser si le générateur assure le chauffage (Id_FouGen_Mod = 1) ou le refroidissement (Id_FouGen_Mod = 2). L'utilisateur définit alors directement la valeur de Sys_Thermo_Ch ou Sys_Thermo_Fr pour le mode assuré :

Sys_thermo_Ch (mode chauffage seul)	Sys_thermo_Fr (mode refroidissement seul)
1 : PAC air extérieur/ eau 2 : PAC air extérieur / air recyclé 3 : PAC air extrait / air neuf 4 : PAC eau de nappe / eau 5 : PAC eau glycolée / eau 6 : PAC eau de nappe / air recyclé 7 : PAC eau de boucle / air recyclé 8 : PAC sol/ eau 9 : PAC sol/sol	1 : refroidisseur air extérieur / eau 2 : refroidisseur air extérieur / air recyclé 3 : refroidisseur air extrait / air neuf 4 : refroidisseur eau / eau et eau glycolée / eau 5 : refroidisseur eau / air et eau de boucle / air recyclé 6 : refroidisseur eau de nappe / air recyclé 7 : refroidisseur eau de nappe / eau

Tableau 145 : Generateur_Thermodynamique_Elec_NonReversible, technologies disponibles

- Générateur thermodynamique réversible chauffage et refroidissement (catégorie *Generateur_Thermodynamique_Elec_Reversible*)

Dans ce cas, le générateur peut assurer soit le chauffage soit le refroidissement. L'utilisateur définit un paramètre Sys_Thermo_Rev, qui détermine quelles valeurs de Sys_thermo_Ch et Fr sont retenues dans le calcul :

Sys_thermo_Rev	Valeur de Sys_thermo_Ch attribuée	Valeur de Sys_thermo_Fr attribuée
1 : Machine réversible air extérieur /eau	1 : PAC air extérieur/ eau	1 : refroidisseur air extérieur / eau
2 : Machine réversible air extérieur / air recyclé	2 : PAC air extérieur / air recyclé	2 : refroidisseur air extérieur / air recyclé
3 : Machine réversible air extrait / air neuf	3 : PAC air extrait / air neuf	3 : refroidisseur air extrait / air neuf
4 : Machine réversible eau glycolée / eau	5 : PAC eau glycolée / eau	4 : refroidisseur eau / eau et eau glycolée / eau
5 : Machine réversible eau de boucle / air	7 : PAC eau de boucle / air recyclé	5 : refroidisseur eau / air et eau de boucle / air recyclé
6 : Machine réversible eau de nappe / air	6 : PAC eau de nappe / air recyclé	6 : refroidisseur eau de nappe / air recyclé
7 : Machine réversible eau de nappe / eau	4 : PAC eau de nappe / eau	7 : refroidisseur eau de nappe / eau

Tableau 146 : Generateur_Thermodynamique_Elec_Reversible, liste des technologies disponibles

- Générateur thermodynamique de production ECS seule (catégorie *Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec*)

Dans ce cas, un seul mode de fonctionnement, production ECS, est disponible pour le générateur, qui doit nécessairement être associé à un assemblage production-stockage.

L'utilisateur définit alors directement la valeur de Sys_Thermo_Ecs :

Sys_thermo_Ecs (mode ECS seul)
1 : PAC air extérieur / eau
2 : PAC air extrait / eau
3 : PAC air ambiant / eau
4 : PAC eau de nappe / eau
5 : PAC sol / eau
6 : PAC eau glycolée / eau

Tableau 147 : Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec, technologies disponibles

- Générateur thermodynamique double service chauffage et ECS (catégorie *Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec_DoubleService*) :

Dans ce cas, le générateur peut assurer le chauffage et la production ECS. Il doit nécessairement être associé à un assemblage production-stockage (pour le volet ECS).

L'utilisateur définit un paramètre Sys_Thermo_ds, qui détermine quelles valeurs de Sys_thermo_Ch et Ecs sont retenues dans le calcul :

Sys_thermo_ds	Valeur de Sys_thermo_Ch attribuée	Valeur de Sys_thermo_Ecs attribuée
1 : PAC air extérieur/ eau	1 : PAC air extérieur/ eau	1 : PAC air extérieur / eau
2: PAC eau de nappe / eau	4 : PAC eau de nappe / eau	4 : PAC eau de nappe / eau
3 : PAC eau glycolée / eau	5 : PAC eau glycolée / eau	6 : PAC eau glycolée / eau
4 : PAC sol / eau	8 : PAC sol/ eau	5 : PAC sol / eau
5 : PAC air extérieur/ air avec production ECS	2 : PAC air extérieur / air recyclé	1 : PAC air extérieur / eau

Tableau 148 : Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec_DoubleService, liste des technologies disponibles

- **Générateur thermodynamique triple service chauffage, refroidissement et ECS (catégorie Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec_TripleService) :**

Dans ce cas, le générateur thermodynamique peut assurer le chauffage, le refroidissement et la production ECS. Il doit nécessairement être associé à un assemblage production-stockage (pour le volet ECS).

L'utilisateur définit un paramètre Sys_Thermo_ts, qui détermine quelles valeurs de Sys_thermo_Ch, Fr et Ecs sont retenues dans le calcul :

Sys_thermo_ts	Valeur de Sys_thermo_Ch attribuée	Valeur de Sys_thermo_Ecs attribuée	Valeur de Sys_thermo_Fr attribuée
1 : Générateur air extérieur/ eau	1 : PAC air extérieur/ eau	1 : PAC air extérieur / eau	1 : refroidisseur air extérieur / eau
2: Générateur eau de nappe / eau	4 : PAC eau de nappe / eau	4 : PAC eau de nappe / eau	7 : refroidisseur eau de nappe / eau
3 : Générateur eau glycolée / eau	5 : PAC eau glycolée / eau	6 : PAC eau glycolée / eau	4 : refroidisseur eau / eau et eau glycolée / eau
5 : Générateur air extérieur/ air avec production ECS	2 : PAC air extérieur / air recyclé	1 : PAC air extérieur / eau	2 : refroidisseur air extérieur / air recyclé

Tableau 149 : Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec_TripleService, liste des technologies disponibles

8.23.3.3 Création des matrices de performance à pleine charge en mode chauffage

8.23.3.3.1 Pac air / eau (SysThermo_CH = 1)

IdFluide_aval = 1; IdFluide_amont = 2

Val_util_max = 3,5

8.23.3.3.1.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur / eau est la suivante :

				Températures amont				
			$\theta_{\text{amont}} >$	-15	-7	2	7	20
$\Theta_{\text{départ}}$	Θ_{retour}	θ_{aval}	priorité	5	2	3	1	4
25	22	23.5	4					
35	30	32.5	1					
45	40	42.5	2					
55	47	51	3					
65	55	60	5					

Figure 117 : Matrice de performance des PAC air extérieur / eau (chauffage)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 7$; $\theta_{\text{aval}} = 32.5$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$
1 : 32.5°C
2 : 32.5°C et 42.5°C
3 : 32.5°C, 42.5°C, 51°C
4 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C
5 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 7 °C
2 : - 7 °C, 7 °C
3 : -7°C, 2°C, 7°C
4 : -7°C, 2°C; 7°C, 20°C
5 : -15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 150 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur / eau (chauffage)

8.23.3.3.1.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Dans un premier temps, on s'assure à ce stade de la cohérence des données saisies dans les trois matrices {Performance_ch(i ;j)}, {Pabs(i ;j)}, et {COR(i ;j)}.

Si des valeurs pour l'une de ces trois matrices sont saisies non-nulles en dehors des coordonnées définies par le croisement de $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, on renvoie le message d'erreur suivant : « Générateur thermodynamique : certaines valeurs de la matrice en dehors de celles nécessaires ne sont pas nulles. »

Si, à l'inverse, des valeurs pour l'une de ces trois matrices sont saisies nulles alors qu'elles se situent aux coordonnées définies par le croisement de $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, on renvoie le message d'erreur suivant : « Générateur thermodynamique : certaines valeurs de la matrice parmi celles requises pour le calcul sont nulles. ».

Ensuite pour chaque valeur de la matrice {Performance_ch(i ;j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_ch = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 1,$

$$COP_{util}(i, j) = Performance_{ch}(i, j)$$

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 2,$

$$COP_{util}(i, j) = Performance_{ch}(i, j) \times 0,9$$

(1238)

Si Statut_données_PC_ch = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées)

Si Statut_val_pivot_ch = 1 (valeur de COP pivot déclarée)

$$COP_{util}(2, 4) = MIN(0,8 \times Val_{COP_{ch}}; Val_{util_{max}})$$

Si Statut_val_pivot_ch = 2 (valeur de COP pivot par défaut)

$$COP_{util}(2, 4) = 0,8 \times Val_{util_{max}}$$

8.23.3.3.1.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non-certifiés et non-justifiés sont calculés par défaut à partir des coefficients suivants :

- si la puissance nominale à 7°C est inférieure à 100kW,

Températures aval	Températures amont
Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0.8	Cnnam_COP(-7, 7) = 0.50
Cnnav_COP(51, 42.5) = 0.8	Cnnam_COP(2, 7) = 0.80
Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1.10	Cnnam_COP(20, 7)=1.25
Cnnav_COP(60, 51) = 0.8	Cnnam_COP(-15, -7)= 0.80

- si la puissance nominale à 7°C est supérieure à 100kW,

Températures aval	Températures amont
Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0.8	Cnnam_COP(-7, 7) = 0.60
Cnnav_COP(51, 42.5) = 0.8	Cnnam_COP(2, 7) = 0.80
Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1.10	Cnnam_COP(20, 7)=1.25
Cnnav_COP(60, 51) = 0.8	Cnnam_COP(-15, -7)= 0.80

Tableau 151 : PAC air extérieur / eau (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie (valeur de COP non-nulle). Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier, selon la procédure suivante :

si {COP_util(1,4)} = 0

$$\{COP_{util}(1,4)\} = \{COP_{util}(2,4)\} \times Cnnav_{COP}(23.5, 32.5)$$

si {COP_util(3,4)} = 0

$$\{COP_{util}(3,4)\} = \{COP_{util}(2,4)\} \times Cnnav_{COP}(42.5, 32.5)$$

si {COP_util(4,4)} = 0

$$\{COP_{util}(4,4)\} = \{COP_{util}(3,4)\} \times Cnnav_{COP}(51, 42.5)$$

si {COP_util(5,4)} = 0

$$\{COP_{util}(5,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(60, 51)$$

(1239)

- Ensuite, l'ensemble des lignes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

(1240)

```

si {COP_util(i,2)} = 0
    {COP_util(i,2)} = {COP_util(i,4)} × Cnnam_cop(- 7, 7)
si {COP_util(i,3)} = 0
    {COP_util(i,3)} = {COP_util(i,4)} × Cnnam_cop(2, 7)
si {COP_util(i,5)} = 0
    {COP_util(i,5)} = {COP_util(i,4)} × Cnnam_cop(20, 7)
si {COP_util(i,1)} = 0
    {COP_util(i,1)} = {COP_util(i,2)} × Cnnam_cop(- 15, -7)

```


Pour les puissances absorbées (matrice {Pabs(i,j)}), la procédure est identique à celle de {COP_util(i,j)} décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0.9	Cnnam_Pabs(-7, 7) = 0.86
Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0.915	Cnnam_Pabs(2, 7) = 0.95
Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1.09	Cnnam_Pabs(20, 7)=1.13
Cnnav_Pabs(60, 51) = 0.91	Cnnam_Pabs(-15, -7)= 0.92

Tableau 152 : PAC air extérieur / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.2 PAC air extérieur / air recyclé (Sys_Thermo_Ch = 2)

IdFluide_aval = 2: air ;

IdFluide_amont = 2: air

Val_Util_Max = 3,5

8.23.3.3.2.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur/ air recyclé (chauffage) est la suivante :

		Θamont (air extérieur)					
		Θamont >	-15	-7	2	7	20
Θaval (air intérieur)		priorité	5	2	3	1	4
5	5						
10	4						
15	2						
20	1						
25	3						

Figure 118 : Matrice de performance des PAC air extérieur/ air recyclé (chauffage)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 7$; $\theta_{\text{aval}} = 20$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 20°C	1 : 7 °C
2 : 20°C, 15°C	2 : - 7 °C, 7 °C
3 : 25°C, 20°C, 15°C	3 : -7°C, 2°C, 7°C
4 : 25°C, 20°C, 15°C, 10°C	4 : -7°C, 2°C; 7°C, 20°C
5 : 25°C, 20°C, 15°C, 10°C, 5°C	5 : -15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 153 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur/ air recyclé (chauffage)

8.23.3.3.2.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,4).

8.23.3.3.2.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

- si la puissance nominale à 7°C est inférieure à 100kW,

Températures aval	Températures amont
$C_{\text{nav\_COP}}(15, 20) = 1.10$	$C_{\text{nam\_COP}}(-7, 7) = 0.50$
$C_{\text{nav\_COP}}(25, 20) = 0.9$	$C_{\text{nam\_COP}}(2, 7) = 0.80$
$C_{\text{nav\_COP}}(10, 20) = 1.20$	$C_{\text{nam\_COP}}(20, 7) = 1.25$
$C_{\text{nav\_COP}}(5, 20) = 1.3$	$C_{\text{nam\_COP}}(-15, -7) = 0.80$

- si la puissance nominale à 7°C est supérieure à 100kW,

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_COP}(15, 20) = 1.10$	$C_{nam\_COP}(-7, 7) = 0.6$
$C_{nav\_COP}(25, 20) = 0.9$	$C_{nam\_COP}(2, 7) = 0.80$
$C_{nav\_COP}(10, 20) = 1.20$	$C_{nam\_COP}(20, 7)=1.25$
$C_{nav\_COP}(5, 20) = 1.3$	$C_{nam\_COP}(-15, -7)= 0.8$

Tableau 154 : PAC air extérieur / air recyclé (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,4)\} = \{COP\_util(4,4)\} \times C_{nav\_COP}(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(2,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(2,4)\} = \{COP\_util(4,4)\} \times C_{nav\_COP}(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(3,4)\} = \{COP\_util(4,4)\} \times C_{nav\_COP}(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,4)\} = \{COP\_util(4,4)\} \times C_{nav\_COP}(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1241}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times C_{nam\_COP}(-7, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times C_{nam\_COP}(2, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times C_{nam\_COP}(20, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(-15, -7)
 \end{aligned} \tag{1242}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_Pabs}(15, 20) = 1.05$	$C_{nam\_Pabs}(-7, 7) = 0.86$
$C_{nav\_Pabs}(25, 20) = 0.95$	$C_{nam\_Pabs}(2, 7) = 0.95$
$C_{nav\_Pabs}(10, 20) = 1.10$	$C_{nam\_Pabs}(20, 7)=1.13$
$C_{nav\_Pabs}(5, 20) = 1.15$	$C_{nam\_Pabs}(-15, -7)= 0.92$

Tableau 155 : PAC air extérieur / air recyclé (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.3 PAC air extrait / air neuf (SysThermo_CH = 3)

IdFluide_aval = 2: air ;

IdFluide_amont = 2: air;

Val_Util_Max = 2,5

8.23.3.3.3.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extrait / air neuf (chauffage) est la suivante.

		Θamont (air extrait)					
		Θamont >	5	10	15	20	25
Θaval (air neuf)	priorité		6	4	2	1	3
-15	5						
-7	2						
2	3						
7	1						
20	4						

Figure 119 : Matrice de performance des PAC air extrait / air neuf (chauffage)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 20$; $\Theta_{\text{aval}} = 7$;

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$
1 : 7 °C
2 : - 7 °C, 7 °C
3 : -7°C, 2°C, 7°C
4 : -7°C, 2°C; 7°C, 20°C
5 : -15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 20 °C
2 : 20 °C, 15 °C
3 : 20 °C, 15 °C, 25 °C
4 : 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
5 : 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C,
6 : 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 5°C

Tableau 156 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extrait / air neuf (chauffage)

8.23.3.3.3.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,4).

8.23.3.3.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_{COP}(-7,7) = 1.20$	$Cnnam_{COP}(15, 20) = 0.90$
$Cnnav_{COP}(2,7) = 1.1$	$Cnnam_{COP}(25, 20) = 1.10$
$Cnnav_{COP}(20,7) = 0.80$	$Cnnam_{COP}(10, 20) = 0.80$
$Cnnav_{COP}(-15,7) = 1.30$	$Cnnam_{COP}(5, 20) = 0.70$

Tableau 157 : coefficients de correction en fonction des températures aux sources

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(1,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(-15, 7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(2,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(2,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(-7, 7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(3,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(2, 7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(5,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(20, 7)
 \end{aligned} \tag{1243}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,1)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,2)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,3)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,5)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1244}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP_{util}(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_{Pabs}(-7,7) = 1.14$	$Cnnam_{Pabs}(15, 20) = 0.95$
$Cnnav_{Pabs}(2,7) = 1.05$	$Cnnam_{Pabs}(25, 20) = 1.05$
$Cnnav_{Pabs}(20,7) = 0.87$	$Cnnam_{Pabs}(10, 20) = 0.90$
$Cnnav_{Pabs}(-15,7) = 1.22$	$Cnnam_{Pabs}(5, 20) = 0.85$

Tableau 158 : PAC air extérieur / air recyclé (chauffage), coefficients Cnn pour $Pabs$

8.23.3.3.4 PAC eau de nappe / eau (SysThermo_CH = 4)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 4,7

8.23.3.3.4.1 Format de matrice

La matrice de performances des PAC eau de nappe / eau est la suivante.

				Θ _{amont} (eau de nappe)				
				Θ _{retour}	5	10	15	20
				Θ _{départ}	2	7	12	17
Θ _{aval} (eau)				Θ _{amont} >	3.5	8.5	13.5	18.5
Θ _{départ}	Θ _{retour}	Θ _{aval}		priorité	2	1	3	4
25	22	23.5		4				
35	30	32.5		1				
45	40	42.5		2				
55	47	51		3				
65	55	60		5				

Figure 120 : Matrice de performance des PAC eau de nappe / eau (chauffage)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour $\theta_{\text{amont}} = 8.5$; $\theta_{\text{aval}} = 32.5$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$
1 : 32.5°C
2 : 32.5°C et 42.5°C
3 : 32.5°C, 42.5°C, 51°C
4 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C
5 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 8.5 °C,
2 : 3.5 °C, 8.5 °C,
3 : 3.5 °C, 8.5 °C, 13.5°C
4 : 3.5 °C, 8.5 °C, 13.5°C, 18.5 °C

Tableau 159 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de nappe / eau (chauffage)

8.23.3.3.4.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.23.3.3.4.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_COP}(42.5, 32.5) = 0.8$	$C_{nam\_COP}(3.5, 8.5) = 0.9$
$C_{nav\_COP}(51, 42.5) = 0.8$	$C_{nam\_COP}(13.5, 8.5) = 1.1$
$C_{nav\_COP}(23.5, 32.5) = 1.1$	$C_{nam\_COP}(18.5, 8.5) = 1.2$
$C_{nav\_COP}(60, 51) = 0.8$	

Tableau 160 : PAC eau de nappe / eau (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,2)\} = \{COP\_util(2,2)\} \times C_{nav\_COP}(23.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(3,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(3,2)\} = \{COP\_util(2,2)\} \times C_{nav\_COP}(42.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(4,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(4,2)\} = \{COP\_util(3,2)\} \times C_{nav\_COP}(51, 42.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,2)\} = \{COP\_util(4,2)\} \times C_{nav\_COP}(60, 51)
 \end{aligned} \tag{1245}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(3.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(13.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(18.5, 8.5)
 \end{aligned} \tag{1246}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_Pabs}(42.5, 32.5) = 0.9$	$C_{nam\_Pabs}(3.5, 8.5) = 0.95$
$C_{nav\_Pabs}(51, 42.5) = 0.915$	$C_{nam\_Pabs}(13.5, 8.5) = 1.05$
$C_{nav\_Pabs}(23.5, 32.5) = 1.09$	$C_{nam\_Pabs}(18.5, 8.5) = 1.10$
$C_{nav\_Pabs}(60, 51) = 0.91$	

Tableau 161 : PAC eau de nappe / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.5 PAC eau glycolée / eau (SysThermo_CH = 5)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.23.3.3.5.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau glycolée / eau est la suivante.

			Θamont (eau glycolée)					
			Θretour	-5	0	5	10	15
			Θdépart	-8	-3	2	7	12
Θaval (eau)			Θamont >	-6.5	-1.5	3.5	8.5	13.5
Θdépart	Θretour	Θaval	priorité	4	1	2	3	5
25	22	23.5	4					
35	30	32.5	1					
45	40	42.5	2					
55	47	51	3					
65	55	60	5					

Figure 121 : Matrice de performance des PAC eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour $\theta_{\text{amont}} = -1.5$; $\theta_{\text{aval}} = 32.5$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$
1 : 32.5°C
2 : 32.5°C et 42.5°C
3 : 32.5°C, 42.5°C, 51°C
4 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C
5 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : -1.5 °C
2 : -1.5 °C, 3.5 °C
3 : -1.5 °C, 3.5 °C, 8.5°C
4 : -1.5 °C, 3.5 °C, 8.5 °C, -6.5°C
5 : -1.5 °C, 3.5 °C, 8.5 °C, -6.5°C, 13.5 °C

Tableau 162 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau glycolée / eau (chauffage)

8.23.3.3.5.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.23.3.3.5.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_COP}(42.5, 32.5) = 0.8$	$C_{nam\_COP}(3.5, -1.5) = 1.10$
$C_{nav\_COP}(51, 42.5) = 0.8$	$C_{nam\_COP}(8.5, -1.5) = 1.20$
$C_{nav\_COP}(23.5, 32.5) = 1.1$	$C_{nam\_COP}(-6.5, -1.5) = 0.90$
$C_{nav\_COP}(60, 51) = 0.8$	$C_{nam\_COP}(13.5, -1.5) = 1.30$

Tableau 163 : PAC eau glycolée / eau (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,2)\} = \{COP\_util(2,2)\} \times C_{nav\_COP}(23.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(3,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(3,2)\} = \{COP\_util(2,2)\} \times C_{nav\_COP}(42.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(4,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(4,2)\} = \{COP\_util(3,2)\} \times C_{nav\_COP}(51, 42.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,2)\} = \{COP\_util(4,2)\} \times C_{nav\_COP}(60, 51)
 \end{aligned} \tag{1247}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(-6.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(3.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(8.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(13.5, -1.5)
 \end{aligned} \tag{1248}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_Pabs}(42.5, 32.5) = 0.9$	$C_{nam\_Pabs}(3.5, -1.5) = 1.05$
$C_{nav\_Pabs}(51, 42.5) = 0.915$	$C_{nam\_Pabs}(8.5, -1.5) = 1.10$
$C_{nav\_Pabs}(23.5, 32.5) = 1.09$	$C_{nam\_Pabs}(-6.5, -1.5) = 0.95$
$C_{nav\_Pabs}(60, 51) = 0.91$	$C_{nam\_Pabs}(13.5, -1.5) = 1.15$

Tableau 164 : PAC eau glycolée / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.6 Pac eau de nappe / air (SysThermo_CH = 6)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,5

8.23.3.3.6.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau de nappe / air (chauffage) est la suivante.

		Θamont (eau de nappe)				
		Θretour	5	10	15	20
		Θdépart	2	7	12	17
		Θamont >	3.5	8.5	13.5	18.5
Θaval(air)	priorité	2	1	3	4	
5	5					
10	4					
15	2					
20	1					
25	3					

Figure 122 : Matrice de performance des PAC eau de nappe / air (chauffage)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement est pour $\theta_{\text{amont}} = 8.5$; $\theta_{\text{aval}} = 20$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$
1 : 20°C
2 : 20°C, 15°C
3 : 25°C, 20°C, 15°C
4 : 25°C, 20°C, 15°C, 10°C
5 : 25°C, 20°C, 15°C, 10°C, 5°C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 8.5 °C,
2 : 3.5 °C, 8.5 °C,
3 : 3.5 °C, 8.5 °C, 13.5°C
4 : 3.5 °C, 8.5 °C, 13.5°C, 18.5 °C

Tableau 165 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de nappe / air (chauffage)

8.23.3.3.6.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.23.3.3.6.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_COP}(15, 20) = 1.10$	$C_{nam\_COP}(3.5, 8.5) = 0.9$
$C_{nav\_COP}(25, 20) = 0.9$	$C_{nam\_COP}(13.5, 8.5) = 1.1$
$C_{nav\_COP}(10, 20) = 1.20$	$C_{nam\_COP}(18.5, 8.5) = 1.2$
$C_{nav\_COP}(5, 20) = 1.3$	

Tableau 166 : PAC eau glycolée / air (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,2)\} = \{COP\_util(2,4)\} \times C_{nav\_COP}(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(2,2)\} = \{COP\_util(2,4)\} \times C_{nav\_COP}(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(2,3)\} = \{COP\_util(2,4)\} \times C_{nav\_COP}(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,2)\} = \{COP\_util(2,4)\} \times C_{nav\_COP}(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1249}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(3.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(13.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times C_{nam\_COP}(18.5, 8.5)
 \end{aligned} \tag{1250}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_Pabs}(15, 20) = 1.05$	$C_{nam\_Pabs}(3.5, 8.5) = 0.95$
$C_{nav\_Pabs}(25, 20) = 0.95$	$C_{nam\_Pabs}(13.5, 8.5) = 1.05$
$C_{nav\_Pabs}(10, 20) = 1.10$	$C_{nam\_Pabs}(18.5, 8.5) = 1.10$
$C_{nav\_Pabs}(5, 20) = 1.15$	

Tableau 167 : PAC eau glycolée / air (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.7 PAC eau de boucle / air (SysThermo_CH = 7)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 4

8.23.3.3.7.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau de boucle / air est la suivante.

		Θ_{amont} (eau de boucle)				
Θ_{aval} (air intérieur)	Θ_{retour}	10	15	20	25	30
	$\Theta_{\text{départ}}$	7	12	17	22	27
	$\Theta_{\text{amont}} >$	8.5	13.5	18.5	23.5	28.5
	priorité	4	2	1	3	5
5	5					
10	4					
15	2					
20	1					
25	3					

Figure 123 : Matrice de performance des PAC eau de boucle / air (chauffage)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement est pour $\theta_{\text{amont}} = 18.5$; $\theta_{\text{aval}} = 20$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$
1 : 20°C
2 : 20°C, 15°C
3 : 25°C, 20°C, 15°C
4 : 25°C, 20°C, 15°C, 10°C
5 : 25°C, 20°C, 15°C, 10°C, 5°C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 18.5 °C
2 : 13.5 °C 18.5 °C
3 : 13.5 °C 18.5 °C, 23.5 °C
4 : 8.5 °C, 13.5 °C 18.5 °C, 23.5 °C
5 : 8.5 °C, 13.5 °C 18.5 °C, 23.5 °C, 28.5 °C

Tableau 168 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de boucle / air (chauffage)

8.23.3.3.7.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,3).

8.23.3.3.7.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(15, 20) = 1.10$	$Cnnam\_COP(13.5, 18.5) = 0.9$
$Cnnav\_COP(25, 20) = 0.9$	$Cnnam\_COP(23.5, 18.5) = 1.1$
$Cnnav\_COP(10, 20) = 1.20$	$Cnnam\_COP(8.5, 18.5) = 0.8$
$Cnnav\_COP(5, 20) = 1.3$	$Cnnam\_COP(28.5, 18.5) = 1.2$

Tableau 169 : PAC eau glycolée / air (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,3)\} = \{COP\_util(4,3)\} \times Cnnav\_COP(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(2,3)\} = \{COP\_util(4,3)\} \times Cnnav\_COP(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(3,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(3,3)\} = \{COP\_util(4,3)\} \times Cnnav\_COP(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,3)\} = \{COP\_util(4,3)\} \times Cnnav\_COP(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1251}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(8.5, 18.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(13.5, \\
 &18.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(23.5, \\
 &18.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(28.5, \\
 &18.5)
 \end{aligned} \tag{1252}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(15, 20) = 1.05$	$Cnnam\_Pabs(13.5, 18.5) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(25, 20) = 0.95$	$Cnnam\_Pabs(23.5, 18.5) = 1.05$
$Cnnav\_Pabs(10, 20) = 1.10$	$Cnnam\_Pabs(8.5, 18.5) = 0.9$
$Cnnav\_Pabs(5, 20) = 1.15$	$Cnnam\_Pabs(28.5, 18.5) = 1.10$

Tableau 170 : PAC eau de boucle/ air (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.8

PAC sol / eau (SysThermo_CH = 8)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 3: sol;

Val_Util_Max = 3,8

8.23.3.3.8.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC sol/eau est la suivante :

				$\Theta_{\text{amont}} (\text{sol}) (^\circ\text{C})$			
$\Theta_{\text{aval}} (\text{eau})$				-4	1.5	4	6.5
$\Theta_{\text{départ}}$	Θ_{retour}	Θ_{aval}	Priorité	3	2	1	4
25	22	23.5	3				
35	30	32.5	1				
45	40	42.5	2				
55	47	51	4				
65	55	60	5				

Figure 124 : Matrice de performance des PAC sol / eau (chauffage)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour $\Theta_{\text{amont}} = 4$; $\Theta_{\text{aval}} = 20$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 32.5°C	1 : 4°C
2 : 32.5°C et 42.5°C	2 : 1,5°C ; 4°C
3 : 32.5°C, 42.5°C, 51°C	3 : -4°C ; 1,5°C ; 4°C
4 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	4 : -4°C ; 1,5°C ; 4°C ; 6,5°C
5 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	

Tableau 171 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC sol/eau (chauffage)

8.23.3.3.8.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,3).

8.23.3.3.8.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(42,5; 32,5) = 0,8$	$Cnnam\_COP(-1;5 ; 4) = 0,95$
$Cnnav\_COP(51; 42,5) = 0,8$	$Cnnam\_COP(-4 ; 4) = 0,8$
$Cnnav\_COP(23,5; 32,5) = 1,1$	$Cnnam\_COP(6,5 ; 4) = 1,07$
$Cnnav\_COP(60; 51) = 0,8$	

Tableau 172 : PAC sol /eau (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,3)\} = \{COP\_util(2,3)\} \times Cnnav\_COP(23,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(3,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(3,3)\} = \{COP\_util(2,3)\} \times Cnnav\_COP(42,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(4,3)\} = \{COP\_util(3,3)\} \times Cnnav\_COP(51, 42,5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,3)\} = \{COP\_util(4,3)\} \times Cnnav\_COP(60, 51)
 \end{aligned} \tag{1253}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(-4 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(-1;5 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(6,5 ; 4)
 \end{aligned} \tag{1254}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(42,5, 32,5) = 0,9$	$Cnnam\_Pabs(-1;5 ; 4) = 1$
$Cnnav\_Pabs(51, 42,5) = 0,915$	$Cnnam\_Pabs(-4 ; 4) = 1$
$Cnnav\_Pabs(23,5, 32,5) = 1,09$	$Cnnam\_Pabs(6,5 ; 4) = 1$
$Cnnav\_Pabs(60, 51) = 0,91$	

Tableau 173 : PAC sol/eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.3.9

PAC sol / sol (SysThermo_CH = 9)

IdFluide_aval = 3: sol;

IdFluide_amont = 3: sol;

Val_Util_Max = 3,8

8.23.3.3.9.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC sol/sol (chauffage) est la suivante :

		$\Theta_{\text{amont}} \text{ (sol) } (^{\circ}\text{C})$			
		-4	1.5	4	6.5
Θ_{aval}	Priorité	3	2	1	4
35	1				

Figure 125 : Matrice de performance des PAC sol / sol (chauffage)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour $\Theta_{\text{amont}} = 4$; $\Theta_{\text{aval}} = 35$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ch}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ch}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ch}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ch}$
1 : 35 °C	1 : 4°C 2 : 1,5°C ; 4°C 3 : -4°C ; 1,5°C ; 4°C 4 : -4°C ; 1,5°C ; 4°C ; 6,5°C

Tableau 174 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC sol/eau (chauffage)

8.23.3.3.9.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (1,3).

8.23.3.3.9.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Sans objet	$C_{\text{nnam\_COP}}(-1,5 ; 4) = 0,95$ $C_{\text{nnam\_COP}}(-4 ; 4) = 0,8$ $C_{\text{nnam\_COP}}(6,5 ; 4) = 1,07$

Tableau 175 : PAC sol /sol (chauffage), coefficients C_{nn} pour le COP

Le calcul est mené en intégrant l'impact des températures aval par propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot. On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi, l'ensemble des colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,1)\} = \{COP_{\text{util}}(1,3)\} \times C_{\text{nnam\_COP}}(-4 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = \{COP_{\text{util}}(1,3)\} \times C_{\text{nnam\_COP}}(-1,5 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,4)\} = \{COP_{\text{util}}(1,3)\} \times C_{\text{nnam\_COP}}(6,5 ; 4)
 \end{aligned} \tag{1255}$$

Pour les puissances absorbées (matrice {Pabs(i,j)}), la procédure est identique à celle de {COP_util(i,j)} décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
Sans objet	Cnnam_pabs(-1;5 ; 4) = 1 Cnnam_pabs(-4 ; 4) = 1 Cnnam_pabs(6,5 ; 4)= 1

Tableau 176 : PAC sol/sol (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.4 Création des matrices de performance à pleine charge en mode production ECS

8.23.3.4.1 PAC air extérieur / eau (Sys_Thermo_ECS = 1)

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.23.3.4.1.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur / eau (ECS) est la suivante.

		Θ_{amont} (air extérieur)				
	$\Theta_{\text{amont}} >$	-7	2	7	20	35
Θ_{aval}	priorité	4	2	1	3	5
5	7					
15	5					
25	3					
35	2					
45	1					
55	4					
65	6					

Figure 126 : Matrice de performance des PAC air extérieur / eau (ECS)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 7$; $\Theta_{\text{aval}} = 45$;

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$
1 : 45°C
2 : 45°C, 35 °C,
3 : 45°C, 35 °C, 25 °C,
4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,
5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,
6 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C,
7 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$
1 : 7 °C
2 : 7 °C, 2 °C
3 : 7 °C, 2 °C, 20 °C
4 : 7 °C, 2 °C, 20 °C, -7 °C
5 : 7 °C, 2 °C, 20 °C, -7 °C, 35 °C

Tableau 177 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur / eau (ECS)

8.23.3.4.1.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,3).

8.23.3.4.1.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnam\_COP(2,7) = 0.80$
$Cnnav\_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnam\_COP(20,7) = 1.25$
$Cnnav\_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnam\_COP(-7,7) = 0.50$
$Cnnav\_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnam\_COP(35,7) = 1.50$
$Cnnav\_COP(65,45) = 0.6$	
$Cnnav\_COP(5,45) = 1.8$	

Tableau 178 : PAC air extérieur/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1,3)\} = \{COP\_util(5,3)\} \times Cnnav\_COP(5, 45) \\
 &\text{si } \{COP\_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(2,3)\} = \{COP\_util(5,3)\} \times Cnnav\_COP(15, 45) \\
 &\text{si } \{COP\_util(3,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(3,3)\} = \{COP\_util(5,3)\} \times Cnnav\_COP(25, 45) \\
 &\text{si } \{COP\_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(4,3)\} = \{COP\_util(5,3)\} \times Cnnav\_COP(35, 45) \\
 &\text{si } \{COP\_util(6,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(6,3)\} = \{COP\_util(5,3)\} \times Cnnav\_COP(55, 45) \\
 &\text{si } \{COP\_util(7,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(7,3)\} = \{COP\_util(5,3)\} \times Cnnav\_COP(65, 45)
 \end{aligned} \tag{1256}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(-7, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(2, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(20, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(35, 7)
 \end{aligned} \tag{1257}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(35,45) = 1.10$	$Cnnam\_Pabs(2, 7) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(25,45) = 1.20$	$Cnnam\_Pabs(20, 7) = 1.13$
$Cnnav\_Pabs(55,45) = 0.90$	$Cnnam\_Pabs(-7, 7) = 0.86$
$Cnnav\_Pabs(15,45) = 1.30$	$Cnnam\_Pabs(35, 7) = 1.28$
$Cnnav\_Pabs(65,45) = 0.80$	
$Cnnav\_Pabs(5,45) = 1.40$	

Tableau 179 : PAC air extérieur/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.4.2 PAC air extrait / eau (Sys_Thermo_ECS = 2)

IdFluide_ament = 1: air;

Val_Util_Max = 3,2

8.23.3.4.2.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extrait / eau (ECS) est la suivante.

		Θ_{amont} (air extrait)					
	$\Theta_{\text{amont}} >$	5	10	15	20	25	30
Θ_{aval}	priorité	6	4	2	1	3	5
5	7						
15	5						
25	3						
35	2						
45	1						
55	4						
65	6						

Figure 127 : Matrice de performance des PAC air extrait / eau (ECS)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 20$; $\theta_{\text{aval}} = 45$;

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Ament\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$
1 : 45°C 2 : 45°C, 35 °C, 3 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 6 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 7 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C

Températures amont : $M_{\theta\_Ament\_Ecs}$
1 : 20 °C 2 : 20 °C, 15 °C 3 : 20 °C, 15 °C, 25 °C 4 : 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C 5 : 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C 6 : 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C, 5 °C

Tableau 180 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extrait / eau (ECS)

8.23.3.4.2.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,4).

8.23.3.4.2.2 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_COP(35,45) = 1.2	Cnnam_COP(15, 20) = 0.9
Cnnav_COP(25,45) = 1.4	Cnnam_COP(25, 20) = 1.1
Cnnav_COP(55,45) = 0.8	Cnnam_COP(10, 20) = 0.8
Cnnav_COP(15,45) = 1.6	Cnnam_COP(30, 20) = 1.2
Cnnav_COP(65,45) = 0.6	Cnnam_COP(5, 20) = 0.7
Cnnav_COP(5,45) = 1.8	

Tableau 181 : PAC air extrait/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier selon la procédure décrite dans l'équation (1256) du §8.23.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(25, 20) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,6)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,6)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(30, 20)
 \end{aligned} \tag{1258}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs(35,45) = 1.10	Cnnam_Pabs(15, 20) = 0.95
Cnnav_Pabs(25,45) = 1.20	Cnnam_Pabs(25, 20) = 1.05
Cnnav_Pabs(55,45) = 0.90	Cnnam_Pabs(10, 20)=0.90
Cnnav_Pabs(15,45) = 1.30	Cnnam_Pabs(30, 20)= 1.10
Cnnav_Pabs(65,45) = 0.80	Cnnam_Pabs(5, 20)=0.85
Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40	

Tableau 182 : PAC air extrait/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.4.3 PAC air ambiant / eau (Sys_Thermo_Ecs = 3)

IdFluide_ament = 1: air;

Val_Util_Max = 3,1

8.23.3.4.3.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air ambiant / eau (ECS) est la suivante.

		Θamont (air extrait)					
	Θamont >	5	10	15	20	25	30
Θaval	priorité	6	3	1	2	4	5
5	7						
15	5						
25	3						
35	2						
45	1						
55	4						
65	6						

Figure 128 : Matrice de performance des PAC air ambiant / eau (ECS)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 20$; $\Theta_{\text{aval}} = 45$;

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Ament\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$	Températures amont : $M_{\theta\_Ament\_Ecs}$
1 : 45°C 2 : 45°C, 35 °C, 3 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 6 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 7 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C	1 : 15 °C 2 : 15 °C, 20 °C 3 : 15 °C, 20 °C, 10 °C 4 : 15 °C, 20 °C, 10 °C, 25 °C 5 : 15 °C, 20 °C, 10 °C, 25 °C, 30 °C 6 : 15 °C, 20 °C, 10 °C, 25 °C, 30 °C, 5 °C

Tableau 183 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air ambiant / eau (ECS)

8.23.3.4.3.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,3).

8.23.3.4.3.2 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnam\_COP(20, 15) = 1.1$
$Cnnav\_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnam\_COP(10, 15) = 0.9$
$Cnnav\_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnam\_COP(25, 15) = 1.2$
$Cnnav\_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnam\_COP(30, 15) = 1.3$
$Cnnav\_COP(65,45) = 0.6$	$Cnnam\_COP(5, 15) = 0.8$
$Cnnav\_COP(5,45) = 1.8$	

Tableau 184 : PAC air ambiant/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier selon la procédure décrite dans l'équation (1256) du §8.23.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(5, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(10, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(20, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(25, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,6)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,6)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(20, 15)
 \end{aligned} \tag{1259}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(35,45) = 1.10$	$Cnnam\_Pabs(20, 15) = 1.05$
$Cnnav\_Pabs(25,45) = 1.20$	$Cnnam\_Pabs(10, 15) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(55,45) = 0.90$	$Cnnam\_Pabs(25, 15) = 1.10$
$Cnnav\_Pabs(15,45) = 1.30$	$Cnnam\_Pabs(30, 15) = 1.15$
$Cnnav\_Pabs(65,45) = 0.80$	$Cnnam\_Pabs(5, 15) = 0.90$
$Cnnav\_Pabs(5,45) = 1.40$	

Tableau 185 : PAC air ambiant/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.4.4 PAC eau de nappe / eau (Sys_Thermo_Ecs = 4)

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.23.3.4.4.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau de nappe / eau (ECS) est la suivante.

		Θ _{amont} (eau de nappe)				
		Θ _{retour}	5	10	15	20
		Θ _{départ}	2	7	12	17
		Θ _{amont} >	3.5	8.5	13.5	18.5
Θ _{aval}	priorité	2	1	3	4	
5	7					
15	5					
25	3					
35	2					
45	1					
55	4					
65	6					

Figure 129 : Matrice de performance des PAC eau de nappe / eau (ECS)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 8,5^{\circ}\text{C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 45^{\circ}\text{C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$
1 : 45°C 2 : 45°C , 35°C , 3 : 45°C , 35°C , 25°C , 4 : 45°C , 35°C , 25°C , 55°C , 5 : 45°C , 35°C , 25°C , 55°C , 15°C , 6 : 45°C , 35°C , 25°C , 55°C , 15°C , 65°C , 7 : 45°C , 35°C , 25°C , 55°C , 15°C , 65°C , 5°C	1 : 8.5°C 2 : 3.5°C , 8.5°C 3 : 3.5°C , 8.5°C , 13.5°C 4 : 3.5°C , 8.5°C , 13.5°C , 18.5°C

Tableau 186 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de nappe / eau (ECS)

8.23.3.4.4.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,2).

8.23.3.4.4.2 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_COP(35,45) = 1.2	Cnnam_ECS(3.5, 8.5) = 0.9
Cnnav_COP(25,45) = 1.4	Cnnam_ECS(13.5, 8.5) = 1.1
Cnnav_COP(55,45) = 0.8	Cnnam_ECS(18.5, 8.5) = 1.2
Cnnav_COP(15,45) = 1.6	
Cnnav_COP(65,45) = 0.6	
Cnnav_COP(5,45) = 1.8	

Tableau 187 : PAC eau de nappe/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier selon la procédure décrite dans l'équation (1256) du §8.23.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,1)\} = \{COP_{util}(i,2)\} \times Cnnam\_COP(3.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,3)\} = \{COP_{util}(i,2)\} \times Cnnam\_COP(13.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,4)\} = \{COP_{util}(i,2)\} \times Cnnam\_COP(18.5, 8.5)
 \end{aligned} \tag{1260}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP_{util}(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs(35,45) = 1.10	Cnnam_Pabs(3.5, 8.5) = 0.95
Cnnav_Pabs(25,45) = 1.20	Cnnam_Pabs(13.5, 8.5) = 1.05
Cnnav_Pabs(55,45) = 0.90	Cnnam_Pabs(18.5, 8.5) = 0.90
Cnnav_Pabs(15,45) = 1.30	
Cnnav_Pabs(65,45) = 0.80	
Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40	

Tableau 188 : PAC eau de nappe/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.4.5 = 5)

PAC sol / eau (Sys_Thermo_Ecs

IdFluide_amont = 3: sol;

Val_Util_Max = 3,0

8.23.3.4.5.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC sol / eau (ECS) est la suivante.

		$\Theta_{\text{amont}} \text{ (sol)}$			
	$\Theta_{\text{amont}} >$	-4	1.5	4	6.5
Θ_{aval}	priorité	3	2	1	4
5	7				
15	5				
25	3				
35	2				
45	1				
55	4				
65	6				

Figure 130 : Matrice de performance des PAC sol / eau (ECS)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 4 \text{ °C}$; $\theta_{\text{aval}} = 45 \text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$
1 : 45°C 2 : 45°C, 35 °C, 3 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 6 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 7 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C	1 : 4°C 2 : 1,5°C ; 4°C 3 : -4°C ; 1,5°C ; 4°C 4 : -4°C ; 1,5°C ; 4°C ; 6,5°C

Tableau 189 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC sol / eau (ECS)

8.23.3.4.5.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,2).

8.23.3.4.5.2 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_COP(35,45) = 1.2	Cnnam_COP(-1;5 ; 4) = 0,95
Cnnav_COP(25,45) = 1.4	Cnnam_COP(-4 ; 4) = 0,8
Cnnav_COP(55,45) = 0.8	Cnnam_COP(6,5 ; 4)= 1,07
Cnnav_COP(15,45) = 1.6	
Cnnav_COP(65,45) = 0.6	
Cnnav_COP(5,45) = 1.8	

Tableau 190 : PAC sol/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier selon la procédure décrite dans l'équation (1256) du §8.23.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(-4 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(-1;5 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnam\_COP(6,5 ; 4)
 \end{aligned}
 \tag{1261}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs(35,45) = 1.10	Cnnam_COP(-1;5 ; 4) = 1
Cnnav_Pabs(25,45) = 1.20	Cnnam_COP(-4 ; 4) = 1
Cnnav_Pabs(55,45) = 0.90	Cnnam_COP(6,5 ; 4)= 1
Cnnav_Pabs(15,45) = 1.30	
Cnnav_Pabs(65,45) = 0.80	
Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40	

Tableau 191 : PAC sol/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.4.6 PAC eau glycolée / eau (Sys_Thermo_Ecs = 6)

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.23.3.4.6.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau glycolée / eau (ECS) est la suivante.

		Θ _{amont} (eau glycolée)				
Θ _{retour}		-5	0	5	10	15
Θ _{départ}		-8	-3	2	7	12
Θ _{amont}		-6.5	-1.5	3.5	8.5	13.5
Θ _{aval}	priorité	4	1	2	3	5
5	7					
15	5					
25	3					
35	2					
45	1					
55	4					
65	6					

Figure 131 : Matrice de performance des PAC eau glycolée / eau (ECS)

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = -1,5^{\circ}\text{C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 45^{\circ}\text{C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$
1 : 45°C
2 : 45°C, 35 °C,
3 : 45°C, 35 °C, 25 °C,
4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,
5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,
6 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C,
7 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$
1 : -1.5 °C
2 : -1.5 °C, 3.5 °C
3 : -1.5 °C, 3.5 °C, 8.5°C
4 : -1.5 °C, 3.5 °C, 8.5 °C, -6.5°C
5 : -1.5 °C, 3.5 °C, 8.5 °C, -6.5°C, 13.5 °C

Tableau 192 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau glycolée / eau (ECS)

8.23.3.4.6.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,2).

8.23.3.4.6.2 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnam\_COP(3.5, -1.5) = 1.10$
$Cnnav\_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnam\_COP(8.5, -1.5) = 1.20$
$Cnnav\_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnam\_COP(-6.5, -1.5) = 0.90$
$Cnnav\_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnam\_COP(13.5, -1.5) = 1.30$
$Cnnav\_COP(65,45) = 0.6$	
$Cnnav\_COP(5,45) = 1.8$	

Tableau 193 : PAC eau glycolée/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier selon la procédure décrite dans l'équation (1256) du §8.23.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnam\_COP(-6.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnam\_COP(3.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnam\_COP(8.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnam\_COP(13.5, -1.5)
 \end{aligned} \tag{1262}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(35,45) = 1.10$	$Cnnam\_Pabs(3.5, -1.5) = 1.05$
$Cnnav\_Pabs(25,45) = 1.20$	$Cnnam\_Pabs(8.5, -1.5) = 1.10$
$Cnnav\_Pabs(55,45) = 0.90$	$Cnnam\_Pabs(-6.5, -1.5) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(15,45) = 1.30$	$Cnnam\_Pabs(13.5, -1.5) = 1.15$
$Cnnav\_Pabs(65,45) = 0.80$	
$Cnnav\_Pabs(5,45) = 1.40$	

Tableau 194 : PAC eau glycolée/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5 Création des matrices de performance à pleine charge en mode refroidissement

8.23.3.5.1 Refroidisseurs air extérieur/ eau (Sys_Thermo_Fr = 1)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 2,7

8.23.3.5.1.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs air extérieur / eau est la suivante :

				Θ _{amont} (air extérieur)				
Θ _{aval} (eau)			Θ _{amont}	5	15	25	35	45
Θ _{départ}	Θ _{retour}	Θ _{aval}	priorité	4	3	2	1	5
1.5	6.5	4	5					
7	12	9.5	1					
12.5	17.5	15	3					
18	23	20.5	2					
23.5	28.5	26	4					

Figure 132 : Matrice de performance des refroidisseurs air extérieur / eau

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 35\text{ °C}$; $\theta_{\text{aval}} = 9.5\text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Amont\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Fr}$
1 : 9.5 °C	1 : 35 °C
2 : 9.5°C, 20.5°C,	2 : 25 °C, 35 °C
3 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C	3 : 15 °C, 25 °C, 35 °C
4 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	4 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C
5 : 4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	5 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C

Tableau 195 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs air extérieur/ eau

8.23.3.5.1.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.23.3.5.1.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_EER}(20.5, 9.5) = 1.15$	$C_{nam\_EER}(25, 35) = 1.2$
$C_{nav\_EER}(15, 9.5) = 1.075$	$C_{nam\_EER}(15, 35) = 1.4$
$C_{nav\_EER}(26, 9.5) = 1.225$	$C_{nam\_EER}(5, 35) = 1.6$
$C_{nav\_EER}(4, 9.5) = 0.9$	$C_{nam\_EER}(45, 35) = 0.8$

Tableau 196 : refroidisseurs air extérieur/eau , coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(1,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times C_{nav\_EER}(4, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(3,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times C_{nav\_EER}(15, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times C_{nav\_EER}(20.5, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(5,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times C_{nav\_EER}(26, 9.5)
 \end{aligned} \tag{1263}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,2)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times C_{nam\_EER}(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times C_{nam\_EER}(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,5)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times C_{nam\_EER}(45, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times C_{nam\_EER}(5, 35)
 \end{aligned} \tag{1264}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_Pabs}(20.5, 9.5) = 1.11$	$C_{nam\_Pabs}(25, 35) = 1.1$
$C_{nav\_Pabs}(15, 9.5) = 1.055$	$C_{nam\_Pabs}(15, 35) = 1.2$
$C_{nav\_Pabs}(26, 9.5) = 1.165$	$C_{nam\_Pabs}(5, 35) = 1.3$
$C_{nav\_Pabs}(4, 9.5) = 0.945$	$C_{nam\_Pabs}(45, 35) = 0.9$

Tableau 197 : refroidisseurs air extérieur/eau, coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5.2 Refroidisseurs air extérieur / air recyclé (Sys_Thermo_Fr = 2)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.23.3.5.2.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs air extérieur / air recyclé est la suivante :

		Θamont (air extérieur)				
	Θamont	5	15	25	35	45
Θaval	priorité	4	3	2	1	5
22	2					
27	1					
32	3					
37	4					

Figure 133 : Matrice de performance des refroidisseurs air extérieur / air recyclé

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 35^{\circ}\text{C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 27^{\circ}\text{C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Amont\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Fr}$
1 : 27°C	1 : 35°C
2 : 22°C , 27°C	2 : 25°C , 35°C
3 : 22°C , 27°C , 32°C	3 : 15°C , 25°C , 35°C
4 : 22°C , 27°C , 32°C , 37°C	4 : 5°C , 15°C , 25°C , 35°C
	5 : 5°C , 15°C , 25°C , 35°C , 45°C

Tableau 198 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs air extérieur / air recyclé

8.23.3.5.2.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.23.3.5.2.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_EER(22, 27) = 0.9$	$Cnnam\_EER(25, 35) = 1.2$
$Cnnav\_EER(32, 27) = 1.075$	$Cnnam\_EER(15, 35) = 1.4$
$Cnnav\_EER(37, 27) = 1.15$	$Cnnam\_EER(5, 35) = 1.6$
	$Cnnam\_EER(45, 35) = 0.8$

Tableau 199 : refroidisseurs air extérieur / air recyclé , coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(1,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,3)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(37, 27)
 \end{aligned} \tag{1265}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,2)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,5)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(45, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(5, 35)
 \end{aligned} \tag{1266}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(22, 27) = 0.95$	$Cnnam\_Pabs(25, 35) = 1.1$
$Cnnav\_Pabs(32, 27) = 1.05$	$Cnnam\_Pabs(15, 35) = 1.2$
$Cnnav\_Pabs(37, 27) = 1.1$	$Cnnam\_Pabs(5, 35) = 1.3$
	$Cnnam\_Pabs(45, 35) = 0.9$

Tableau 200 : refroidisseurs air extérieur / air recyclé, coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5.3 Refroidisseurs air extrait / air neuf (Sys_Thermo_Fr = 3)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_ament = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.23.3.5.3.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs air extrait / air neuf est la suivante :

		Θamont (air extrait)			
	Θamont	22	27	32	37
Θaval (air neuf)	priorité	3	1	2	4
5	5				
15	4				
25	2				
35	1				
45	3				

Figure 134 : Matrice de performance des refroidisseurs air extrait / air neuf

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{ament}} = 27^{\circ}\text{C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 35^{\circ}\text{C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Ament\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$
1 : 35 °C
2 : 25 °C, 35 °C
3 : 15 °C, 25 °C, 35 °C
4 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C
5 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C

Températures ament : $M_{\theta\_Ament\_Fr}$
1 : 27°C
2 : 22°C, 27°C
3 : 22°C, 27°C, 32 °C
4 : 22°C, 27°C, 32 °C, 37 °C

Tableau 201 : ordre de saisie des températures aval et ament des refroidisseurs air extrait / air neuf

8.23.3.5.3.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,2).

8.23.3.5.3.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_EER(25,35) = 0.9$	$Cnnam\_EER(32, 27) = 0.9$
$Cnnav\_EER(45,35) = 1.2$	$Cnnam\_EER(22, 27) = 1.075$
$Cnnav\_EER(15,35) = 0.8$	$Cnnam\_EER(37, 27) = 0.8$
$Cnnav\_EER(5,35) = 0.7$	

Tableau 202 : refroidisseurs air extrait / air neuf, coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(1,2)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(5, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(2,2)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(2,3)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER\_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(5,2)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(45, 35)
 \end{aligned} \tag{1267}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times Cnnam\_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times Cnnam\_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,4)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times Cnnam\_EER(37, 27)
 \end{aligned} \tag{1268}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(25,35) = 0.9$	$Cnnam\_Pabs(32, 27) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(45,35) = 1.2$	$Cnnam\_Pabs(22, 27) = 1.05$
$Cnnav\_Pabs(15,35) = 0.8$	$Cnnam\_Pabs(37, 27) = 0.9$
$Cnnav\_Pabs(5,35) = 0.7$	

Tableau 203 : refroidisseurs air extrait / air neuf, coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5.4 Refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau (Sys_Thermo_Fr = 4)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.23.3.5.4.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau est la suivante :

				Θ _{amont} (eau)					
				Θ _{retour}	0	10	20	30	40
				Θ _{départ}	5	15	25	35	45
Θ _{aval} (eau)				Θ _{amont} >	2.5	12.5	22.5	32.5	42.5
Θ _{départ}	Θ _{retour}	Θ _{aval}	priorité	4	3	2	1	5	
1.5	6.5	4	5						
7	12	9.5	1						
12.5	17.5	15	3						
18	23	20.5	2						
23.5	28.5	26	4						

Figure 135 : Matrice de performance des refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 32.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{aval}} = 9.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Amont\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$
1 : 9,5 °C
2 : 9,5°C; 20,5°C;
3 : 9,5°C; 15 °C; 20,5°C
4 : 9,5°C; 15 °C; 20,5°C; 26 °C
5 : 4°C; 9,5°C; 15 °C; 20,5°C; 26 °C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Fr}$
1 : 32,5 °C
2 : 22,5 °C; 32,5 °C
3 : 12,5 °C; 22,5 °C; 32,5 °C
4 : 2,5 °C; 12,5 °C; 22,5 °C; 32,5 °C
5 : 2,5 °C; 12,5 °C; 22,5 °C; 32,5 °C; 42,5 °C

Tableau 204 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau

8.23.3.5.4.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.23.3.5.4.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_EER(20.5, 9.5) = 1.15$	$Cnnam\_EER(22.5, 32.5) = 1.2$
$Cnnav\_EER(15, 9.5) = 1.075$	$Cnnam\_EER(12.5, 32.5) = 1.4$
$Cnnav\_EER(26, 9.5) = 1.225$	$Cnnam\_EER(2.5, 32.5) = 1.6$
$Cnnav\_EER(4, 9.5) = 0.9$	$Cnnam\_EER(42.5, 32.5) = 0.8$

Tableau 205 : refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau, coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(1,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(4, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(3,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(15, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(20.5, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(5,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(26, 9.5)
 \end{aligned} \tag{1269}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(2.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,2)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(12.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(22.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,5)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(42.5, 32.5)
 \end{aligned} \tag{1270}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(20.5, 9.5) = 1.11$	$Cnnav\_Pabs(22.5, 32.5) = 1.10$
$Cnnav\_Pabs(15, 9.5) = 1.055$	$Cnnav\_Pabs(12.5, 32.5) = 1.20$
$Cnnav\_Pabs(26, 9.5) = 1.165$	$Cnnav\_Pabs(2.5, 32.5) = 1.30$
$Cnnav\_Pabs(4, 9.5) = 0.945$	$Cnnav\_Pabs(42.5, 32.5) = 0.90$

Tableau 206 : refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau, coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5.5 Refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air (Sys_Thermo_Fr = 5)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.23.3.5.5.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air est la suivante :

		Θamont (eau)					
		Θretour	0	10	20	30	40
		Θdépart	5	15	25	35	45
		Θamont >	2.5	12.5	22.5	32.5	42.5
Θaval (air)	priorité	4	3	2	1	5	
22	2						
27	1						
32	3						
37	4						

Figure 136 : Matrice de performance des refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 32.5 \text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 27 \text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Amont\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$
1 : 27°C
2 : 22°C, 27°C
3 : 22°C, 27°C, 32 °C
4 : 22°C, 27°C, 32 °C, 37 °C

Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Fr}$
1 : 32,5 °C
2 : 22,5 °C; 32,5 °C
3 : 12,5 °C; 22,5 °C; 32,5 °C
4 : 2,5 °C; 12,5 °C; 22,5 °C; 32,5 °C
5 : 2,5 °C; 12,5 °C; 22,5 °C; 32,5 °C; 42,5 °C

Tableau 207 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air

8.23.3.5.5.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.23.3.5.5.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_EER(22, 27) = 0,9$	$Cnnam\_EER(22,5, 32,5) = 1,2$
$Cnnav\_EER(32, 27) = 1,075$	$Cnnam\_EER(12,5, 32,5) = 1,4$
$Cnnav\_EER(37, 27) = 1,15$	$Cnnam\_EER(2,5, 32,5) = 1,6$
	$Cnnam\_EER(42,5, 32,5) = 0,8$

Tableau 208 : refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air, coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(1,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,3)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(37, 27)
 \end{aligned} \tag{1271}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(2,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,2)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(12,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(22,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,5)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnam\_EER(42,5, 32,5)
 \end{aligned} \tag{1272}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(22 ; 27) = 0,95$	$Cnnav\_Pabs(22,5 ; 32,5) = 1,10$
$Cnnav\_Pabs(32 ; 27) = 1,05$	$Cnnav\_Pabs(12,5 ; 32,5) = 1,20$
$Cnnav\_Pabs(37 ; 27) = 1,1$	$Cnnav\_Pabs(2,5 ; 32,5) = 1,30$
	$Cnnav\_Pabs(42,5 ; 32,5) = 0,90$

Tableau 209 : refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air, coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5.6 Refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air (Sys_Thermo_Fr = 6)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 3,7

8.23.3.5.6.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air est la suivante :

		Θ _{amont} (eau de nappe ou captage)				
		Θ _{retour}	5	10	15	20
		Θ _{départ}	10	15	20	25
		Θ _{amont} >	7.5	12.5	17.5	22.5
Θ _{aval} (air)	priorité	3	1	2	4	
22	2					
27	1					
32	3					
37	4					

Figure 137 : Matrice de performance des refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 12.5\text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 27\text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Amont\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Fr}$
1 : 27°C	1 : 12.5 °C
2 : 22°C, 27°C	2 : 12.5 °C, 17.5 °C
3 : 22°C, 27°C, 32 °C	3 : 7.5 °C, 12.5 °C, 17.5 °C
4 : 22°C, 27°C, 32 °C, 37 °C	4 : 7.5 °C, 12.5 °C, 17.5 °C, 22.5 °C

Tableau 210 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air

8.23.3.5.6.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.23.3.5.6.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_EER}(22, 27) = 0.9$	$C_{nam\_EER}(17.5, 12.5) = 0.90$
$C_{nav\_EER}(32, 27) = 1.075$	$C_{nam\_EER}(7.5, 12.5) = 1.10$
$C_{nav\_EER}(37, 27) = 1.15$	$C_{nam\_EER}(22.5, 12.5) = 0.80$

Tableau 211 : refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air, coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\text{si } \{EER\_util(1,2)\} = 0$$

$$\{EER\_util(1,2)\} = \{EER\_util(2,2)\} \times C_{nav\_EER}(22, 27)$$

$$\text{si } \{EER\_util(2,3)\} = 0$$

$$\{EER\_util(2,3)\} = \{EER\_util(2,2)\} \times C_{nav\_EER}(32, 27) \quad (1273)$$

$$\text{si } \{EER\_util(2,4)\} = 0$$

$$\{EER\_util(2,4)\} = \{EER\_util(2,2)\} \times C_{nav\_EER}(37, 27)$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0$$

$$\{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times C_{nam\_EER}(7.5, 12.5)$$

$$\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0$$

$$\{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times C_{nam\_EER}(17.5, 12.5) \quad (1274)$$

$$\text{si } \{EER\_util(i,4)\} = 0$$

$$\{EER\_util(i,4)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times C_{nam\_EER}(22.5, 12.5)$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_Pabs}(22, 27) = 0.95$	$C_{nav\_Pabs}(17.5, 12.5) = 0.95$
$C_{nav\_Pabs}(32, 27) = 1.05$	$C_{nav\_Pabs}(7.5, 12.5) = 1.05$
$C_{nav\_Pabs}(37, 27) = 1.1$	$C_{nav\_Pabs}(22.5, 12.5) = 1.10$

Tableau 212 : refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air, coefficients Cnn pour Pabs

8.23.3.5.7 Refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / eau (Sys_Thermo_Fr = 7)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 1: eau de nappe (ou captage);

Val_Util_Max = 3,7

8.23.3.5.7.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs eau de nappe ou captage / eau est la suivante :

				Θamont (eau de nappe ou captage)				
				Θretour	5	10	15	20
				Θdépart	10	15	20	25
Θaval (eau)			Θamont >	7.5	12.5	17.5	22.5	
Θdépart	Θretour	Θaval	priorité	3	1	2	4	
1.5	6.5	4	5					
7	12	9.5	1					
12.5	17.5	15	3					
18	23	20.5	2					
23.5	28.5	26	4					

Figure 138 : Matrice de performance des refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 12.5\text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 9.5\text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Fr}$ et $M_{\theta\_Amont\_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Fr}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Fr}$
1 : 9.5 °C	1 : 12.5 °C
2 : 9.5°C, 20.5°C,	2 : 12.5 °C, 17.5 °C
3 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C	3 : 7.5 °C, 12.5 °C, 17.5 °C
4 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	4 : 7.5 °C, 12.5 °C, 17.5 °C, 22.5 °C
5 : 4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	

Tableau 213 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / eau

8.23.3.5.7.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.23.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.23.3.5.7.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_EER(20.5, 9.5) = 1.15$	$Cnnam\_EER(17.5, 12.5) = 0.90$
$Cnnav\_EER(15, 9.5) = 1.075$	$Cnnam\_EER(7.5, 12.5) = 1.10$
$Cnnav\_EER(26, 9.5) = 1.225$	$Cnnam\_EER(22.5, 12.5) = 0.80$
$Cnnav\_EER(4, 9.5) = 0.9$	

Tableau 214 : refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / eau, coefficients Cnn pour l'EER

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(1,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(4, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(3,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(15, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(4,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(20.5, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(5,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(26, 9.5)
 \end{aligned} \tag{1275}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times Cnnam\_EER(7.5, 12.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times Cnnam\_EER(17.5, 12.5) \\
 &\text{si } \{EER\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER\_util(i,4)\} = \{EER\_util(i,2)\} \times Cnnam\_EER(22.5, 12.5)
 \end{aligned} \tag{1276}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(20.5, 9.5) = 1.11$	$Cnnam\_Pabs(17.5, 12.5) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(15, 9.5) = 1.055$	$Cnnam\_Pabs(7.5, 12.5) = 1.05$
$Cnnav\_Pabs(26, 9.5) = 1.165$	$Cnnam\_Pabs(22.5, 12.5) = 1.10$
$Cnnav\_Pabs(4, 9.5) = 0.945$	

8.23.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle

8.23.3.6.1 Puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle

Cas d'un générateur thermodynamique mono-service :

La puissance des auxiliaires à charge nulle, $W_{aux,0}$, est une constante au cours du calcul. Elle peut être exprimée en fonction de la puissance absorbée à pleine charge au point pivot {Pabs(ipivot , jpivot)} du mode du générateur :

$$W_{aux,0} = Taux \times \{Pabs(ipivot , jpivot)\} \quad (1277)$$

Le paramètre Taux, est le ratio de la puissance d'auxiliaire à charge nulle sur la puissance absorbée à pleine charge au point pivot. Selon la valeur de Statut_taux, la procédure d'obtention du Taux est la suivante :

- Statut_taux = 0 : Valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,

La valeur de Taux saisie n'est pas corrigée.

- Statut_taux = 1 : Valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

La valeur de Taux saisie est multipliée par 1,1.

- Statut_taux = 2 : autres cas, valeur par défaut .

Taux prend la valeur suivante :

$$\begin{array}{l} \text{En mode chauffage ou ECS :} \\ Taux = 0,02 \end{array} \quad (1278)$$

$$\begin{array}{l} \text{En mode refroidissement :} \\ Taux = 0,01 \end{array} \quad (1279)$$

Cas d'un générateur thermodynamique réversible, double service, ou triple service

$W_{aux,0}$ est un paramètre commun à l'ensemble des modes de fonctionnement. Il déterminé selon la relation (1277) en fonction de la puissance absorbée la puissance absorbée à pleine charge au point pivot {Pabs(ipivot , jpivot)} du mode chauffage.

La valeur par défaut de Taux est celle du mode chauffage (voir équation (1278)).

8.23.3.6.2 Caractéristiques Deq et Dfou0 du fonctionnement tout ou rien

Pour la caractérisation des performances à charge partielle, on introduit :

- Deq (en minutes): durée équivalente liée aux irréversibilités. Deq est conventionnellement fixée à 0,5 minutes.

- Dfou0 (en minutes) : la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Elle dépend de l'inertie de la distribution de fluide côté aval.

Les valeurs conventionnelles de Dfou0 sont données ci-dessous :

	Typo_emetteur	Dfou0 en min
Mode chauffage et/ou refroidissement	1 : Plancher et plafond chauffant ou rafraîchissants intégrés au bâti d'inertie forte	32
	2 : Radiateurs; plafonds chauffants ou rafraîchissants d'inertie moyenne	19
	3 : Ventilo convecteurs; valeur par défaut pour la distribution à eau; plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible	6
	4 : Systèmes à air	2
Mode ECS		26

Tableau 216 : Valeurs conventionnelle de Dfou0 en minutes pour différents systèmes d'émission

Cas particulier d'un générateur thermodynamique double service, ou triple service

Dans ces cas, le mode ECS est modélisé sans prise en compte des corrections associées à la charge partielle. Ainsi, les valeurs de Deq et Dfou0 ne sont pas définies pour ce mode.

Elles restent définies pour les modes chauffage et refroidissement.

8.23.3.6.3 Caractéristiques LRcontmin et CcpLRcontmin de la régulation à puissance variable

Pour les générateurs thermodynamiques à régulation de puissance variable (Fonc_compr = 1), on introduit les paramètres suivants pour chaque mode :

- LRcontmin, taux de charge minimal que peut maintenir le générateur thermodynamique pour le mode considéré (0-1)
- CcpLRcontmin, ratio du COP (ou de l'EER) au taux de charge LRcontmin sur le COP (resp. EER) à pleine charge (taux de charge de 1).

Pour caractériser ces paramètres, plusieurs types de saisie sont possibles.

- Statut_Fonctionnement_Continu = 0 : valeurs certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

La valeur de LRcontmin et CcpLRcontmin saisies ne sont pas corrigées

- Statut_Fonctionnement_Continu = 1 : valeurs justifiées par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

La valeur de LRcontmin saisie est augmentée de 0,05.

La valeur de CcpLRcontmin saisie est multipliée par 0,9.

- Statut_Fonctionnement_Continu = 2 : autres cas : valeur par défaut définies ci-après :

$$LR_{contmin} = 0,4 \quad (1280)$$

$$Ccp_{LRcontmin} = 1 \quad (1281)$$

Cas particulier d'un générateur thermodynamique double service, ou triple service

Dans ces cas, le mode ECS est modélisé sans prise en compte des corrections associées à la charge partielle. Ainsi, les valeurs de $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$ ne sont donc pas définies pour ce mode.

Elles restent définies pour les modes chauffage et refroidissement.

8.23.3.6.4 Vérification de cohérence

Dès lors que l'ensemble des paramètres définis dans le présent chapitre sont connus, on réalise une vérification sur la cohérence des données $LR_{contmin}$, $Ccp_{LRcontmin}$ et $Taux$, qui doivent rester dans un certain intervalle pour que le calcul soit cohérent :

$$\text{Si } LR_{contmin} \times 0,3 < CCP_{LRcontmin} \times Taux$$

Le message d'erreur suivant est renvoyé :

« Générateur thermodynamique : les données caractérisant la charge partielle du générateur thermodynamique sont en dehors des limites tolérées. Assurez vous de la cohérence des paramètres $LR_{contmin}$, $CCP_{LRcontmin}$, $Pabs$ et $Taux$. » (1282)

8.23.3.7 *Calcul des performances à chaque pas de temps h*

Cette partie concerne l'ensemble des systèmes pris en compte dans cette fiche, quel que soit leur type.

Pour un mode donné, le calcul à un pas de temps h donné est séquencé de la manière suivante :

- Calcul des performances à pleine charge, COP/EER et Pabs, en fonction des valeurs de $\theta_{amont}(h)$ et $\theta_{aval}(h)$,
- Correction de ces performances à pleine charge pour prendre en compte la charge partielle réelle du générateur en fonction du besoin à fournir pour chaque mode $Q_{req,ch}(h)$, $Q_{req,fr}(h)$ et $Q_{req,ecs}(h)$.

Dès lors qu'un générateur thermodynamique intègre plusieurs modes, les règles suivantes sont définies :

- la production ECS est prioritaire sur le chauffage et le refroidissement. Une fois le générateur thermodynamique modélisé pour le mode ECS, le temps de fonctionnement équivalent à pleine puissance du générateur thermodynamique, $R_{fonctecs}(h)$ est calculée. On en déduit le temps de fonctionnement à pleine charge disponible pour le mode chauffage ou refroidissement,
- à un pas de temps donné, il ne peut y avoir simultanément de chauffage et de refroidissement. Dans ce cas de figure, le refroidissement est considéré comme prioritaire sur le chauffage.

8.23.3.7.1 *Calcul du COP et de Pabs à pleine charge au pas de temps h*

Ci-dessous sont décrits les algorithmes permettant de déterminer les indices des colonnes et lignes des matrices encadrant les valeurs de $\theta_{amont}(h)$ et $\theta_{aval}(h)$ au pas de temps h, pour un mode donné :

Algorithme pour $\theta_{amont}(h)$:

```

Si  $\theta_{amont}(h) < Val_{\theta_{amont}}(1)$ 
    j1 = 1
    j2 = 1
     $\theta_{am1} = \theta_{amont}(h)$ 
     $\theta_{am2} = Val_{\theta_{amont}}(1)$ 
Si  $\theta_{amont}(h) > Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$ 
    j1 =  $N_{\theta_{amont}}$ 
    j2 =  $N_{\theta_{amont}}$ 
     $\theta_{am1} = Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$ 
     $\theta_{am2} = \theta_{amont}(h)$ 
Sinon,
    Pour j allant de 2 à  $N_{\theta_{amont}}$ ,
        Si  $\theta_{amont}(h) \leq Val_{\theta_{amont}}(j)$ , alors,
            j1 = j - 1
            j2 = j
             $\theta_{am1} = Val_{\theta_{amont}}(j1)$ 
             $\theta_{am2} = Val_{\theta_{amont}}(j2)$ 
    Coupure de la boucle 'pour'

```

(1283)

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

```

Si  $\theta_{aval}(h) < Val_{\theta_{aval}}(1)$ 
    i1 = 1
    i2 = 1
     $\theta_{av1} = \theta_{aval}(h)$ 
     $\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(1)$ 

```

(1284)

Si $\theta_{aval}(h) > Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$
 $i1 = N_{\theta_{aval}}$
 $i2 = N_{\theta_{aval}}$
 $\theta_{av1} = Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$
 $\theta_{av2} = \theta_{aval}(h)$
 Sinon,
 Pour i allant de 2 à $N_{\theta_{aval}}$,
 Si $\theta_{aval}(h) \leq Val_{\theta_{aval}}(i)$, alors,
 $i1 = i - 1$
 $i2 = i$
 $\theta_{av1} = Val_{\theta_{aval}}(i1)$
 $\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(i2)$
 Coupure de la boucle 'pour'

Calculs des coefficients d'interpolation

On déduit de la procédure précédente les valeurs de coefficients d'interpolation à chaque pas de temps :

$$\begin{aligned}
 C_{\theta_{am}}(h) &= \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}} \\
 C_{\theta_{av}}(h) &= \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}}
 \end{aligned}
 \tag{1285}$$

Calcul du coefficient de performance à pleine charge (COP ou EER) et de la puissance absorbée :

$$\begin{aligned}
 Pabs_{pc}(h) &= \\
 &(1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{Pabs(i1, j1)\} \\
 &+ C_{\theta_{am}}(h) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{Pabs(i1, j2)\} \\
 &+ C_{\theta_{av}}(h) \times (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times \{Pabs(i2, j1)\} \\
 &+ C_{\theta_{am}}(h) \times C_{\theta_{av}}(h) \times \{Pabs(i2, j2)\}
 \end{aligned}
 \tag{1286}$$

Pour un générateur thermodynamique en mode chauffage ou ECS :

$$\begin{aligned}
 COP_{pc}(h) &= \\
 &(1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{COP_{util}(i1, j1)\} \\
 &+ C_{\theta_{am}}(h) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{COP_{util}(i1, j2)\} \\
 &+ C_{\theta_{av}}(h) \times (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times \{COP_{util}(i2, j1)\} \\
 &+ C_{\theta_{am}}(h) \times C_{\theta_{av}}(h) \times \{COP_{util}(i2, j2)\}
 \end{aligned}
 \tag{1287}$$

Pour un générateur thermodynamique en mode refroidissement :

$$\begin{aligned}
 EER_{pc}(h) &= \\
 &(1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{EER_{util}(i1, j1)\} \\
 &+ C_{\theta_{am}}(h) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{EER_{util}(i1, j2)\} \\
 &+ C_{\theta_{av}}(h) \times (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times \{EER_{util}(i2, j1)\} \\
 &+ C_{\theta_{am}}(h) \times C_{\theta_{av}}(h) \times \{EER_{util}(i2, j2)\}
 \end{aligned}
 \tag{1288}$$

8.23.3.7.2 Calcul de la puissance fournie à pleine charge

Les puissances fournies à pleine charge en conditions non nominales sont égales au produit de la puissance absorbée et du COP.

Si la puissance requise par le réseau est supérieure à la puissance disponible, l'énergie restante est en sortie de ce module. Elle pourra alors être fournie par un générateur d'appoint ou reportée au pas de temps suivant.

En mode chauffage ou ECS :

$$P_{fou\_pc\_brut}(h) = P_{abs\_pc}(h) \times COP\_pc(h) \quad (1289)$$

En mode refroidissement :

$$P_{fou\_pc\_brut}(h) = P_{abs\_pc}(h) \times EER\_pc(h) \quad (1290)$$

Cas particulier des générateurs thermodynamiques en sur air extrait (Sys_Thermo_Ch = 3, Sys_Thermo_ECS = 2 ou Sys_Thermo_Fr = 3) :

Dans le cas des générateurs thermodynamiques sur air extrait en mode ECS ou chauffage, la puissance que peut fournir la machine est limitée par la capacité d'échange de chaleur de la source amont. Ainsi, la puissance maximale dans les conditions non nominales de sources est calculée comme suit :

En mode chauffage ou ECS :

$$P_{fou\_pc\_brut}(h) = \min \{ P_{abs\_pc}(h) \times COP\_pc(h) ; P_{prev\_source\_amont\_maxi}(h) \} \quad (1291)$$

En mode refroidissement :

$$P_{fou\_pc\_brut}(h) = \min \{ P_{abs\_pc}(h) \times EER\_pc(h) ; P_{fou\_source\_amont\_maxi}(h) \} \quad (1292)$$

$P_{fou\_source\_amont\_maxi}(h)$ est la puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP_pc et des caractéristiques de l'air extrait. Elle est fonction de la valeur de $COP\_pc(h)$ (ou $EER\_pc(h)$). Son calcul est décrit dans la fiche C_Gen_Source_Amont.

Cas particulier des générateurs réversibles (catégorie Générateur Thermodynamique Elec Reversible) :

Dans le cas des générateurs réversibles, le générateur ne peut fonctionner que dans l'un des modes, chauffage ou refroidissement, à un pas de temps donné.

Le mode refroidissement est considéré comme prioritaire : si le générateur thermodynamique doit fonctionner en mode refroidissement, soit $Q_{req,fr}(h) > 0$ Wh, sa puissance $P_{fou\_pc\_brut}(h)$ en mode chauffage est fixée à 0 W.

Cas particulier des générateurs thermodynamiques double-service ou triple-service (catégories Source_Ballon_Base Thermodynamique Elec DoubleService ou TripleService) :

Dans le cas des générateurs double service, le générateur peut fonctionner séquentiellement en mode ECS et en mode chauffage à un pas de temps donné. Le mode ECS est considéré comme prioritaire : ce mode est donc traité en premier lieu, avant de traiter le mode chauffage.

La puissance thermique disponible en mode chauffage est limitée par le temps de fonctionnement en mode ECS, $Rat\_Fonct\_ECS(h)$:

Pour le mode chauffage :

$$P_{fou\_pc\_brut}(h) = P_{abs\_pc}(h) \times COP\_pc(h) \times (1 - Rat\_Fonct\_ECS(h)) \quad (1293)$$

Dans le cas des générateurs triple service, le générateur peut fonctionner séquentiellement en mode ECS puis en mode chauffage, ou séquentiellement en mode ECS puis en mode refroidissement à un pas de temps donné.

La même règle que pour les générateurs double service est donc appliquée. Pour le cas d'un pas de temps avec fonctionnement en mode ECS puis refroidissement, l'équation (1293) ci-dessus est corrigée pour prendre en compte le fait que le basculement entre le mode ECS et le mode refroidissement nécessite un délai supplémentaire. Ce délai est représenté par la constante $Rat_{basc,ECS/FR}$, fixée à 0,25 (soit 15 minutes), dans l'équation ci-dessous :

Pour le mode refroidissement :

$$\begin{aligned} P_{fou\_pc\_brut}(h) &= P_{abs\_pc}(h) \times COP_{pc}(h) \\ &\times (1 - Rat_{Fonct,ECS}(h) - Rat_{basc,ECS/FR}) \end{aligned} \quad (1294)$$

Par contre, le générateur ne peut pas fonctionner à la fois en chauffage et en refroidissement, à un pas de temps donné. Tout comme pour les générateurs réversibles, le mode refroidissement est alors considéré comme prioritaire sur le mode chauffage : si le générateur thermodynamique doit fonctionner en mode refroidissement, soit $Q_{req,fr}(h) > 0$ Wh, sa puissance $P_{fou\_pc\_brut}(h)$ en mode chauffage est fixée à 0 W.

8.23.3.7.3 Prise en compte des températures limites de fonctionnement du générateur

Il convient de calculer la quantité d'énergie requise pour chaque machine :

$$Q_{Req_{act}}(h) = \frac{Q_{req}(h)}{Rdim} \quad (1295)$$

En mode chauffage et/ou ECS :

Les conditions de fonctionnement possibles sont définies par le constructeur. Elles s'expriment en termes de valeur haute de la température départ aval Θ_{max_av} et valeur basse de température amont Θ_{min_am} , ou en combinaison de deux valeurs.

Par exemple, $\Theta_{max\_av} = 40$ °C indique que la machine ne peut pas fonctionner si la température départ réseau est supérieure à 40 °C. Ceci indique un manque de cohérence entre la caractéristique du réseau et des émetteurs et la machine. La machine ne fonctionne alors pas et un générateur d'appoint doit être utilisé.

Par exemple, $\Theta_{min\_am} = -7$ °C indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est inférieure à -7 °C. Un appoint est alors nécessaire pour ces conditions.

($\Theta_{max\_av} = 40$ °C, $\Theta_{min\_am} = -7$ °C) indique que la machine ne fonctionne pas si les deux conditions sont simultanément remplies. Un appoint est alors nécessaire pour ces conditions.

Algorithmiquement, cela se traduit de la façon suivante :

Si $Lim\_Theta = 0$

$$P_{fou\_pc}(h) = P_{fou\_pc\_brut}(h)$$

$$Q_{rest\_act}(h) = MAX(0; Q_{req\_act}(h) - P_{fou\_pc}(h))$$

Sinon si $Lim\_Theta = 1$ **et** si $\theta_{amont}(h) < \Theta_{min\_am}$ **ou** si $\theta_{aval}(h) > \Theta_{max\_av}$

$$Q_{rest\_act}(h) = Q_{req\_act}(h) \quad (1296)$$

$$P_{fou\_pc}(h) = 0$$

Sinon si $Lim\_Theta = 2$ **et** si $\theta_{amont}(h) < \Theta_{min\_am}$ **et** si $\theta_{aval}(h) > \Theta_{max\_av}$

$$Q_{rest\_act}(h) = Q_{req\_act}(h)$$

$$P_{fou\_pc}(h) = 0$$

En mode refroidissement :

Les conditions de fonctionnement possibles sont définies par le constructeur. Elles s'expriment en termes de

valeur basse de la température départ aval $\Theta_{\min\_av}$ et valeur haute de température amont $\Theta_{\max\_am}$, ou en combinaison de deux valeurs.

Par exemple, $\Theta_{\min\_av} = 5\text{ °C}$ indique que la machine ne peut pas fonctionner si la température départ réseau est inférieure à 5 °C . Ceci indique un manque de cohérence entre la caractéristique du réseau et des émetteurs et la machine. La machine ne fonctionne alors pas.

Par exemple, $\Theta_{\max\_am} = 40\text{ °C}$ indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est supérieure à 40 °C .

($\Theta_{\min\_av} = 5\text{ °C}$, $\Theta_{\max\_am} = 40\text{ °C}$) indique que la machine ne fonctionne pas si les deux conditions sont simultanément remplies.

Algorithmiquement, cela se traduit de la façon suivante :

Si $\text{Lim\_Theta} = 0$ (pas de limites sur les températures de source :

$$P_{\text{fou\_pc}}(h) = P_{\text{fou\_pc\_brut}}(h)$$

$$Q_{\text{rest\_act}}(h) = \text{MAX}(0 ; Q_{\text{req\_act}}(h) - P_{\text{fou\_pc}}(h))$$

Sinon si $\text{Lim\_Theta} = 1$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) > \Theta_{\max\_am}$ **ou** si $\theta_{\text{aval}}(h) < \Theta_{\min\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}} = Q_{\text{req\_act}}$$

$$P_{\text{fou\_pc}}(h) = 0 \quad (W) \quad (1297)$$

Sinon si $\text{Lim\_Theta} = 2$

si $\theta_{\text{amont}}(h) > \Theta_{\max\_am}$ **et** si $\theta_{\text{aval}}(h) < \Theta_{\min\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}}(h) = Q_{\text{req\_act}}(h)$$

$$P_{\text{fou\_pc}}(h) = 0 \quad (W)$$

8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle non-nulle : cas général

Le calcul de la puissance absorbée à charge partielle, $P_{\text{abs,LR}}(h)$, du générateur thermodynamique est réalisé indépendamment pour chacun des modes utilisés au pas de temps h .

Pour chaque mode, cette puissance absorbée est la somme des trois contributions suivantes :

- la puissance absorbée par le compresseur et les auxiliaires intégrés à la machine dont la puissance évolue conjointement à celle du compresseur, $P_{\text{comp}}(h)$,
- la puissance absorbée équivalente du compresseur résultant des irréversibilités lors des phases d'arrêt - démarrage, $P_{\text{compma}}(h)$,
- la puissance absorbée par les auxiliaires du générateur thermodynamique à charge nulle, $W_{\text{aux},0}$.

Le comportement à charge partielle d'une machine dépend de la technologie de régulation de puissance :

- machine à régulation de puissance tout ou rien ($\text{Fonc\_compr} = 2$): le compresseur va fonctionner de façon cyclique sur toute la plage des charges partielles,
- machine à modulation de puissance variable ($\text{Fonc\_compr} = 1$): dans un premier temps, le compresseur va s'adapter à la charge, puis, si la charge diminue en dessous de la valeur correspondant au niveau de charge du compresseur, celui-ci va fonctionner par cycles comme dans la machine précédente.

On introduit $\text{LR}(h)$, le taux de charge du générateur thermodynamique pour le mode considéré :

$$P_{fouLR}(h) = MIN(Q_{reqact}(h); P_{fouPC}(h)) \quad (1298)$$

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{fou,PC}(h)} \quad (1299)$$

Note : si $P_{fou,PC}(h)$ est nul, $LR(h)$ est pris égale à 0.

8.23.3.7.4.1 Cas d'une machine à à régulation de puissance tout ou rien ($Fonc\_compr = 2$)

Le compresseur fonctionne en cycles marche – arrêt pour réguler la puissance fournie.

On isole d'abord le calcul des puissances absorbées par le compresseur et les auxiliaires intégrés à la machine dont la puissance évolue conjointement à celle du compresseur :

$$P_{comp-pc}(h) = P_{abs-pc}(h) - W_{aux-0} \quad (1300)$$

$$P_{compLR}(h) = P_{comp-pc}(h) \cdot LR(h) \quad (1301)$$

La puissance absorbée moyenne liée aux irréversibilités, $P_{compma}(h)$, est calculée selon la relation suivante :

$$P_{compma-LR}(h) = P_{comp-pc}(h) \cdot \frac{Deq \cdot (LR(h)) \cdot (1 - LR(h))}{Dfou0} \quad (1302)$$

Finalement, la puissance absorbée moyenne à charge partielle, $P_{abs-LR}(h)$, est la suivante :

$$P_{abs-LR}(h) = P_{compLR}(h) + P_{compma-LR}(h) + W_{aux-0} \quad (1303)$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (1304)$$

Le calcul en mode refroidissement est identique, à ceci prêt que COP_{LR} est remplacé par EER_{LR} .

8.23.3.7.4.2 Cas d'une machine à à régulation de puissance variable ($Fonc\_compr = 1$)

Dans ce cas, le COP (ou l'EER) « net », c'est-à-dire calculé sur la base de la consommation hors auxiliaires à charge nulle, varie linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement continu. On commence donc par le calcul de ce COP net :

$$P_{comp-pc}(h) = P_{abs-pc}(h) - W_{aux-0} \quad (1305)$$

$$COP_{pc_{net}}(h) = \frac{P_{fou\_pc\_brut}(h)}{P_{comp-pc}(h)} \quad (1306)$$

La plage de fonctionnement continu est comprise entre un taux de charge égale à $LR_{contmin}$ et la pleine charge (taux de charge de 100%). Au taux de charge $LR_{contmin}$, la majoration du COP par rapport au COP à pleine charge est égale à $CCP_{LR_{contmin}}$. On convertit également ce coefficient en $CCP_{LR_{contmin},net}$:

$$CCP_{LR_{contmin},net}(h) = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp_{pc}}(h) \cdot CCP_{LR_{contmin}}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs_{pc}}(h) - CCP_{LR_{contmin}} \cdot W_{aux-0}} \quad (1307)$$

Si $LR(h)$ est compris entre $LR_{contmin}$ et 1, a puissance absorbée et le COP à charge partielle se calculent selon la procédure suivante :

$$COP_{LR-net}(h) = COP_{pc-net}(h) \cdot \left(1 + [CCP_{LRcontmin-net} - 1] \cdot \frac{1 - LR(h)}{1 - LR_{contmin}} \right) \quad (1308)$$

$$P_{comp_{LR}}(h) = \frac{P_{fou_{LR}}(h)}{COP_{LR-net}(h)} \quad (1309)$$

$$P_{abs_{LR}}(h) = P_{comp_{LR}}(h) + W_{aux-0} \quad (1310)$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fou_{LR}}(h)}{P_{abs_{LR}}(h)} \quad (1311)$$

Sinon, (LR(h) < LR_{contmin})

La puissance absorbée par le compresseur, $P_{comp}(h)$, varie linéairement entre 0 pour $LR = 0$ et $P_{comp\_LRcontmin}$ pour $LR = LR_{contmin}$:

$$P_{fou-LRcontmin}(h) = P_{fou\_pc\_brut}(h) \times LR_{contmin} \quad (1312)$$

$$P_{comp_{LRcontmin}}(h) = \frac{P_{fou_{LRcontmin}}(h)}{COP_{LRcontmin-net}(h)} \quad (1313)$$

$$P_{comp_{LR}}(h) = P_{comp_{LRcontmin}}(h) \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR(h)}{LR_{contmin}} \right) \quad (1314)$$

La puissance absorbée moyenne liée aux irréversibilités, $P_{compma}(h)$, est calculée selon la relation suivante :

$$LR_{cycl}(h) = \frac{LR(h)}{LR_{contmin}} \quad (1315)$$

$$P_{compma_{LR}}(h) = P_{comp_{LRcontmin}}(h) \cdot \frac{Deq \cdot (LR_{cycl}(h)) \cdot (1 - LR_{cycl}(h))}{Dfou0} \quad (1316)$$

Finalement, la puissance absorbée moyenne à charge partielle, $P_{abs-LR}(h)$, est la suivante :

$$P_{abs-LR}(h) = P_{comp_{LR}}(h) + P_{compma-LR}(h) + W_{aux-0} \quad (1317)$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fou_{LR}}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (1318)$$

Le calcul en mode refroidissement est identique, à ceci près que COP_{LR} est remplacé par EER_{LR} .

8.23.3.7.5 Calcul des performances à charge partielle ou nulle : cas particulier du mode ECS dans le cas des générateurs double service et triple service

Dans le cas d'un générateur double ou triple service, (catégories Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec_DoubleService ou TripleService), le générateur peut fonctionner à la fois en ECS et chauffage, ou à la fois en ECS et refroidissement à un pas de temps donné. On fait alors l'hypothèse que le générateur va fonctionner à pleine charge en mode production ECS pendant une partie du pas de temps, de manière à ce que le temps de disponibilité pour le mode chauffage ou refroidissement

soit le plus élevé possible. Ainsi, le mode ECS est modélisé sans prendre en compte l'impact d'un fonctionnement à charge partielle :

Une telle logique de fonctionnement est schématisée ci-dessous dans le cas d'un générateur thermodynamique double service :

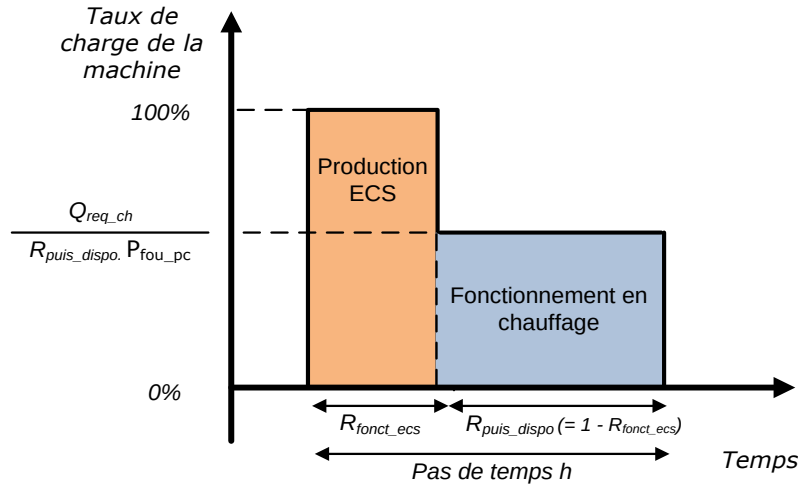


Figure 139: sous-décomposition d'un pas de temps pour un générateur thermodynamique double service

En termes algorithmique, pour le mode ECS, les équations du §8.23.3.7.4 sont remplacées par les suivantes :

$$P_{fouLR}(h) = \text{MIN}(Q_{reqact}(h); P_{fouPC}(h)) \quad (1319)$$

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{fou,PC}(h)} \quad (1320)$$

Note : si $P_{fou,PC}(h)$ est nul, $LR(h)$ est pris égale à 0.

$$\text{Si } id_{ecs,seule}(h) = \text{faux} \quad (1321)$$

$$P_{abs-LR}(h) = P_{abs-PC}(h)$$

$$\text{Si } id_{ecs,seule}(h) = \text{vrai} \quad (1322)$$

$$P_{abs-LR}(h) = P_{abs-PC}(h) + (1 - LR(h)) \cdot W_{aux-0}$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (1323)$$

Pour le mode chauffage ou refroidissement, le §8.23.3.7.4 reste applicable. La limitation de la puissance disponible liée au temps de fonctionnement réduit a déjà été traitée au §8.23.3.7.2.

8.23.3.7.6 Fonctionnement à charge nulle ($Q_{req}(h) = 0$) ou en dehors des limites de fonctionnement ($P_{fou_pc}(h) = 0$)

Cas d'un générateur thermodynamique mono service :

Dès lors que le générateur La puissance absorbée est égale à la puissance d'auxiliaires à charge nulle :

$$P_{abs-LR}(h) = W_{aux-0} \quad (1324)$$

Du fait des conditions mises en place dans la fiche C_Gen_Gestion-régulation de la génération, cette puissance absorbée n'est comptabilisée qu'au cours de la saison de chauffage si le générateur est mono-service chauffage ou qu'au cours de la saison de refroidissement si le générateur est mono-service refroidissement.

Cas particulier des générateurs réversibles (catégorie Generateur Thermodynamique Elec Reversible) :

Dans ce cas de figure, la puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle n'est comptabilisée que pour un seul des deux modes. Ainsi, du fait des conditions mises en place dans la fiche C_Gen_Gestion-régulation de la génération, cette puissance absorbée est comptabilisée :

- pour le mode chauffage au cours de la saison de chauffage ou une saison mixte (chauffage et refroidissement permis),
- pour le mode refroidissement, au cours de la saison de refroidissement.

Cas particulier des générateurs thermodynamiques double service (catégorie Source Ballon Base Thermodynamique Elec DoubleService) :

Dans ce cas de figure, la puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle n'est comptabilisée qu'une seule fois pour l'ensemble des modes. Ainsi, du fait des conditions mises en place dans la fiche C_Gen_Gestion-régulation de la génération, cette puissance absorbée est comptabilisée :

- pour la production ECS en dehors de la saison de chauffage ($i_{ECS\_seule}(h) = \text{vrai}$),
- pour le mode chauffage au cours de la saison de chauffage ($i_{ECS\_seule}(h) = \text{faux}$).

Par ailleurs, au cours de la saison de chauffage, dès lors que $Q_{\text{req,ecs}}(h)$ est non-nul mais $Q_{\text{req,ch}}(h)$ est nul, on comptabilise une puissance absorbée à charge nulle uniquement pour la fraction du pas de temps correspondant au mode chauffage :

$$P_{\text{abs-LR}}(h) = (1 - \text{Rat\_Fonct\_ECS}(h)) \cdot W_{\text{aux-0}} \quad (1325)$$

Cas particulier des générateurs thermodynamiques triple service (catégorie Source Ballon Base Thermodynamique Elec TripleService) :

Dans ce cas de figure, la puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle n'est comptabilisée que pour un seul mode. Ainsi, du fait des conditions mises en place dans la fiche C_Gen_Gestion-régulation de la génération, cette puissance absorbée est comptabilisée :

- pour la production ECS en dehors de la saison de chauffage ($i_{ECS\_seule}(h) = \text{vrai}$).
- pour le mode chauffage au cours de la saison de chauffage ($i_{ECS\_seule}(h) = \text{faux}$ et saison de chauffage),
- pour le mode refroidissement au cours de la saison de refroidissement ($i_{ECS\_seule}(h) = \text{faux}$ et saison de refroidissement).

Par ailleurs, au cours de la saison de chauffage, dès lors que $Q_{\text{req,ecs}}(h)$ est non-nul mais $Q_{\text{req,ch}}(h)$ est nul, on comptabilise une puissance absorbée à charge nulle uniquement pour la fraction du pas de temps correspondant au mode chauffage.:

$$P_{\text{abs-LR}}(h) = (1 - \text{Rat\_Fonct\_ECS}(h)) \cdot W_{\text{aux-0}} \quad (1326)$$

Même chose au cours de la saison de refroidissement, dès lors que $Q_{\text{req,ecs}}(h)$ est non-nul mais $Q_{\text{req,fr}}(h)$ est nul : on comptabilise une puissance absorbée à charge nulle uniquement pour la fraction du pas de temps correspondant au mode refroidissement, selon l'équation (1326).

8.23.3.7.7 Calcul des données de sortie à l'issue du traitement d'un mode

A l'issue du calcul de chaque mode, avant de passer au mode suivant, on calcule les données de sortie spécifiques à ce mode. Le calcul est décrit pour le mode chauffage, mais il est identique pour les modes ECS et refroidissement :

$$Q_{cef-ch(id\_engen)}(h) = P_{abs\_LR}(h) \times Rdim \quad (1327)$$

$$\eta_{eff,ch}(h) = COP_{LR}(h) \text{ (resp. } EER_{LR}(h) \text{ pour le mode refroidissement)} \quad (1328)$$

$$Q_{fou-ch}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (1329)$$

$$Q_{rest-ch}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (1330)$$

$$\tau_{charge-ch}(h) = LR(h) \quad (1331)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en chauffage et ECS, et positivement en froid. Aussi le calcul diffère selon le mode :

Mode chauffage :

$$\varphi_{rejet,ch}(h) = MIN(0; P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} - P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (1332)$$

Mode ECS :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} - P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (1333)$$

Mode refroidissement :

$$\varphi_{rejet,fr}(h) = (P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} + P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (1334)$$

8.23.3.7.8 Calcul final des données de sortie pour le générateur

A l'issue du calcul de l'ensemble des modes, les données de sortie globale du générateur sont calculées :

Quantité d'énergie fournie par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou-ch}(h) + Q_{fou-ecs}(h) + Q_{fou-fr}(h) \quad (1335)$$

Quantité d'énergie consommée par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{cons}(h) = \sum_{id\_engen} \left(Q_{cefch(id-engen)}(h) + Q_{cef,ecs(id-engen)}(h) + Q_{ceffr(id-engen)}(h) \right) \quad (1336)$$

$$W_{aux,pro}(h) = W_{aux-0} \times Rdim \quad (1337)$$

Quantité d'énergie rejetée à la source amont :

La quantité d'énergie rejetée, $\psi_{\text{rejet}}(h)$ totale est la somme des quantités d'énergie rejetées dans les différents modes :

$$\varphi_{\text{rejet}}(h) = \varphi_{\text{rejet},ch}(h) + \varphi_{\text{rejet},ecs}(h) + \varphi_{\text{rejet},fr}(h) \quad (Wh) \quad (1338)$$

En pratique, dans les cas où le générateur thermodynamique ne peut pas fonctionner au pas de temps h à la fois chauffage (ou ECS) et en refroidissement, il ne peut pas y avoir de pas de temps où les trois rejets sont non-nuls simultanément. Seules les rejets en mode chauffage et ECS s'additionnent.

8.24 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_GAZ

8.24.1 INTRODUCTION

Cette fiche permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques à absorption au gaz sur vecteur eau en fonctionnement chauffage (GAHP), y compris la production indirecte d'ECS et en fonctionnement refroidissement (refroidisseur de liquide).

Pour la production d'ECS, les machines comportent obligatoirement un ballon de stockage.

Elle permet de représenter plusieurs machines identiques fonctionnant dans le même mode.

En fonction de la puissance requise par l'émetteur ou par le réseau de distribution, les valeurs calculées sont :

- GUE_{ch} ou ECS (ou GUE_{fr}) (Gas Utilisation Efficiency - aussi appelé RUG pour Rendement d'Utilisation du Gaz – dans EN 12309-2 d'août 2000) ;
- puissance gaz absorbée pour la ou les fonctions principales (chauffage et ECS) ;
- puissance électrique absorbée par les auxiliaires¹¹ ;
- pertes thermiques récupérables dans l'ambiance si le générateur est utilisé à l'intérieur d'un volume chauffé.

Le rendement Rdt_{np} de la fonction non principale (chauffage) des refroidisseurs de liquide, les puissances gaz et électriques absorbées et les pertes thermiques récupérables correspondantes feront l'objet d'un titre V.

Le calcul pour une machine est mené en deux étapes :

1. Calcul en fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales des températures de sources,
2. Prise en compte de la charge partielle.

¹¹ Les auxiliaires concernés sont ceux pris en compte pour le calcul du COP (EER) d'un générateur thermodynamique à compression entraîné par un moteur électrique.

8.24.2 NOMENCLATURE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
$\theta_{\text{amont}}(h)$	température de la source amont	°C			
$\theta_{\text{aval}}(h)$	température de la source aval (vers les émetteurs ou les ballons)	°C			
$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température d'ambiance de la génération (selon sa position en volume chauffé/refroidi ou non).	°C			
$Q_{\text{req}}(h)$	énergie requise par le réseau	W			
$\text{Id}_{\text{fonction}}$	mode de fonctionnement : 1 : chauffage 2 : refroidissement 3 : ECS	entier			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Pour une machine</i>					
$\text{Id}_{\text{fougen}}$	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3				
Cat_{gen}	Catégorie de générateur : 504 PAC à absorption	entier	-	-	
Syst_Thermo_FR	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement refroidissement : 1 : refroidisseurs air / eau 2 : refroidisseurs eau / eau	entier	1	-	-
Syst_Thermo_CH	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement chauffage : 1 : GAHP air / eau classique 2 : GAHP air / eau haute température 3 : GAHP eau glycolée / eau classique 4/ GAHP eau glycolée / eau haute température 5 : GAHP eau / eau	entier	1	-	-
Syst_Thermo_ECS	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ECS : 1 : GAHP air / eau classique 2 : GAHP eau glycolée / eau classique 3 : GAHP eau / eau	entier	1	-	-
Fonc_brûl	1 : Fonctionnement en mode continu du brûleur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du brûleur	entier	1	2	-
$\text{Id}_{\text{échangeur}}$	Indicateur de présence d'un échangeur eau/fumées en chauffage ou ECS : 0 : absence d'échangeur, 1 : présence d'échangeur	entier	0	1	
{ValGUEch(Icol,Iign)}	matrice des performances en mode chauffage (GUE) selon les températures amont et aval	-	-	-	-
{ValGUEfr(Icol,Iign)}	matrice des performances en mode refroidissement selon les températures amont et aval	-	-	-	-

{ValGUEecs(Icol,Ialign)}	matrice des performances en mode ECS selon les températures amont et aval	-	-	-	-
{ValPabs(i col,Ialign)}	matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	W	-	-	-
{ValCOR(I col,Ialign)}	matrice de correction des performances justifiées entrées sous forme de matrice	-	-	-	-
{ValPauxpc(Icol,Ialign)}	matrice des puissances d'auxiliaires selon les températures amont et aval à pleine charge en chauffage, on distingue la même matrice en mode refroidissement et en mode ECS	W	-	-	-
Paux0	Puissances d'auxiliaires à charge nulle	W	0	$+\infty$	-
ValGUEch_pivot	valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	-	-	-
ValGUEfr_pivot	valeur pivot déclarée des machines en mode refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	-	-	-
ValPauxchpc_pivot	valeur pivot déclarée de la puissance des auxiliaires à pleine charge des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée. On distingue la même variable en refroidissement et en ECS	W	-	-	-
ValECS_pivot	valeur pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	-	-	-
ValPabs_pivot	valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	W	-	-	-
Statut_donnees	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée	entier	1	-	-
statut_valeur_pivot	1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut	entier	1	-	-
statut_Paux_pivot	1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut pour les auxiliaires	entier	1	-	-
Theta_max_av	température maximale aval en mode chaud au delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	-	-	-
Theta_min_am	température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	-	-	-
Theta_min_av	température minimale aval en mode froid en-dessous de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	-	-	-
Theta_max_am	température maximale amont en mode froid au-dessus de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	-	-	-
Lim_Theta	0 = pas de limite 1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	entier	1	-	-
CcpLRcontmin	coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	-	0	$+\infty$	-
LRcontmin	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	-	-	1	-
Deq	durée équivalente liée aux irréversibilités	minutes	0	-	Voir Table au 227
Rdtcomb_pivot	rendement sur PCI de combustion du gaz dans les conditions pivot	-	0	$+\infty$	-
Pertes _{40°C}	Pertes de la machine durant les phases arrêt mesurées pour 40°C d'écart entre la température de machine et la température d'ambiance (volume chauffé/refroidi ou non-chauffé/non-refroidi).	W	0	$+\infty$	-

Idengen	Identificateur de l'énergie principale (gaz(=10), fuel(=20), charbon(=30) bois(=40) électricité(=50), réseau(=60)	entier	10	69	10
IdFluide_aval	identificateur du fluide aval : 1 eau, 2 air				

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Typo_émetteur	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage, en refroidissement et pour la production d'ECS : 1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti, 2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie moyenne, 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère : systèmes à air, 5 : production d'ECS.	-	1	5	-
R _{dim}	Nombre de machines identiques dans le même mode	entier	1	-	
Type_cycle_FR	1 : machine à cycle simple effet ou GAX 2 : machine à cycle double effet	entier	1	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Pfou _(h)	Energie totale effectivement fournie par le générateur au pas de temps h.	Wh
Q _{rest(h)}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh
$\{Q_{cef(fonct.; en.)}(h)\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh
Idalerte1(h)	Alerte pour conditions de fonctionnement hors limite de puissance court terme	entier
W _{aux,pro(h)}	consommation des auxiliaires au pas h	W
$\eta_{eff}(h)$	GUE ou rendement du générateur.	Réel
T _{charge}	taux de charge du générateur	Réel
Φ_{rejet}	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
	<i>Pour une machine</i>	
	valeur maximale de la performance pour la valeur pivot d'une machine lorsqu'il n'y a pas de valeurs certifiées ou justifiées.	
	si Id _{fonction} = 1 (chauffage) Syst_Thermo_CH =	
Val_util_max	1 : Val_util_max = 1.51 2 : Val_util_max = 1.51 3 : Val_util_max = 1.51 4 : Val_util_max = 1.51 5 : Val_util_max = 1.65	-
	si Id _{fonction} = 2 (refroidissement) Type_cycle_FR = 1 et Syst_Thermo_FR	

1 : Val_util_max = 0.7
2 : Val_util_max = 0.7
Type_cycle_FR = 2 et Syst_Thermo_FR
1 : Val_util_max = 1.0
2 : Val_util_max = 1.0

si Idfonction = 3 (ECS)
Syst_Thermo_ECS =
1 : Val_util_max = 1.13
2 : Val_util_max = 1.13
3 : Val_util_max = 1.13

Cnav_Pabs (t1, t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température aval	réel
Cnam_Pabs (t1, t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température amont	réel
Cnav_GUEc h(t1, t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température aval en mode chaud	réel
Cnam_GUEch (t1, t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température amont en mode chaud	réel
Cnav_GUEfr (t1, t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température aval en mode froid	réel
Cnam_GUEfr (t1, t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température amont en mode froid	réel
Cnav_Paux (t1, t2)	Coefficient de correction de la puissance électrique auxiliaire à pleine charge en fonction de la température aval en mode froid	réel
Cnam_Paux (t1, t2)	Coefficient de correction de la puissance électrique auxiliaire à pleine charge en fonction de la température amont en mode froid	réel
Val _{θamont} (i _{θamont})	Température amont	°C
Val _{θaval} (i _{θaval})	Température aval	°C
N _{θamont}	Nombre de températures amont	entier
N _{θaval}	Nombre de températures aval	entier
i _{θam1} i _{θam2}	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	entier
θ _{am1}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
θ _{am2}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
i _{θav1} i _{θav2}	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	entier
θ _{av1}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
θ _{av2}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
C _{θam} (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	réel
C _{θav} (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	réel
GUEch_pc(h)	GUE à pleine charge aux conditions non nominales en mode chauffage	réel

GUEfr _{pc(h)}	GUE à pleine charge aux conditions non nominales en mode refroidissement	réel
GUEecs _{pc(h)}	GUE à pleine charge aux conditions non nominales en mode ECS	réel
Pabs _{pc(h)}	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	réel
Pgaz _{cons_pc}	Puissance gaz consommée à pleine charge aux conditions non nominales. On distingue la même variable en charge partielle	W
Pgaz _{cons_pc_pivot}	Puissance gaz consommée à pleine charge aux conditions non nominales pour la valeur pivot.	W
Acont	Pente de la droite d'évolution de Ccp en mode continu du brûleur.	réel
Pgaz	puissance gaz du brûleur en fonctionnement établi	W
Pgazma	puissance équivalente résultant des pertes lors des phases arrêt/démarrage	W
Pfou _{pc}	Puissance maximale que peut fournir le générateur dans les conditions de températures amont et aval au pas de temps h .	W
Pfou _{LR}	puissance fournie à charge partielle	W
LR	taux de charge	réel
pc	en indice signifie à pleine puissance	-
net	en indice signifie hors auxiliaires	-
contmin	en indice signifie pour le taux minimal de charge en fonctionnement continu du brûleur	-
Ccp _{LR}	correction de la performance en fonction de la charge en fonctionnement continu du brûleur	réel
Pertes	Pertes de la machine durant les phases arrêt pour l'écart effectif entre la température de machine et la température d'ambiance (volume chauffé/refroidi ou non-chauffé/non-refroidi).	W
Paux	puissance appelée par les auxiliaires	W
Pcons	puissance appelée par la machine	W
cycl	en indice signifie en fonctionnement discontinu (marche arrêt)	
ValGUE _{pi_vot_inter}	intermédiaire de correction des valeurs pivot en mode chauffage. On a aussi ValGUE _{pivot_inter} , ValECS _{pivot_inter} respectivement pour les modes refroidissement et ECS	
ValPaux _{pi_vot_inter}	intermédiaire de correction des valeurs pivot en mode chauffage pour les auxiliaires.	
Qreq _{act}	Energie requise pour une machine	W
Qrest _{act}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh
T _{cyc}	durée d'un cycle marche arrêt du brûleur pour un taux de charge donné	minutes
Dfou0	durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	minutes

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C _{pa}	Chaleur massique de l'air	J/K/kg	1006

Tableau 217 : Nomenclature du modèle

8.24.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes :

- 1) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources,
- 2) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

8.24.3.1 Généralités

Le $GUE_{ch \text{ ou } ECS}$ (GUE_{fr}), les puissances absorbées à pleine charge et la puissance électrique des auxiliaires sont renseignés à l'aide de matrices en fonction des températures à l'amont et à l'aval de la machine. Ces températures dépendent du type de machine et du mode de fonctionnement.

Les matrices sont remplies une fois en début de calcul.

Au cours du calcul, c'est-à-dire à chaque pas de temps, le $GUE_{ch \text{ ou } ECS}$ (GUE_{fr}) à pleine charge aux conditions de températures réelles des sources amont et aval sont obtenus par interpolation linéaire par rapport aux températures de référence amont et aval définies par technologie dans les matrices.

Les puissances absorbées (gaz et électricité) à pleine charge sont obtenues par interpolation linéaire par rapport aux mêmes températures.

- Pour le $GUE_{ch \text{ ou } ECS}$ (GUE_{fr})

Chaque matrice est construite autour d'une valeur pivot, valeur correspondant aux conditions nominales de sources.

La valeur pivot est issue de données :

- certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 12309-2,
- justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 12309-2 : la valeur de calcul est égale à 0.9* valeur justifiée,
- déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à min (0.8 Valeur déclarée ; Val_util_max),
- par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à (0.8 Val_util_max).

Val_util_max est définie par type de machine.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 12309-2,
- justifiées par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 12309-2 : la valeur de calcul est égale à 0.9* valeur justifiée,

- par défaut calculées à l'aide de coefficients explicités dans le chapitre réservé à chacune des technologies.

Les données certifiées et les données justifiées sont fournies par l'utilisateur selon une règle de priorité définie par type de machine :

La fourniture des valeurs mesurées doit en outre respecter l'ensemble des configurations amont/aval. Par exemple, dans le cas des machines air / eau en mode chauffage, si des points sont fournis concernant Taval = 45°C et 50°C et Tamont -7°C et 7°C, les GUE déclarés doivent être fournis pour les 4 couples Taval/Tamont.

L'entrée des données des matrices et la correction des données sont les suivantes :

- Statut_données = 1

entrée dans la matrice des données certifiées, des données justifiées lorsqu'elles sont disponibles,

entrée d'un paramètre qui indique, pour chaque valeur entrée précédemment, si c'est une valeur certifiée, une valeur justifiée. Ce paramètre est rangé dans une matrice semblable à la matrice des données, {ValCOR(icol, ilign)} qui contient la valeur 1 chaque fois que la performances correspondante dans la matrice de performance est une valeur certifiée, 2 pour une valeur justifiée.

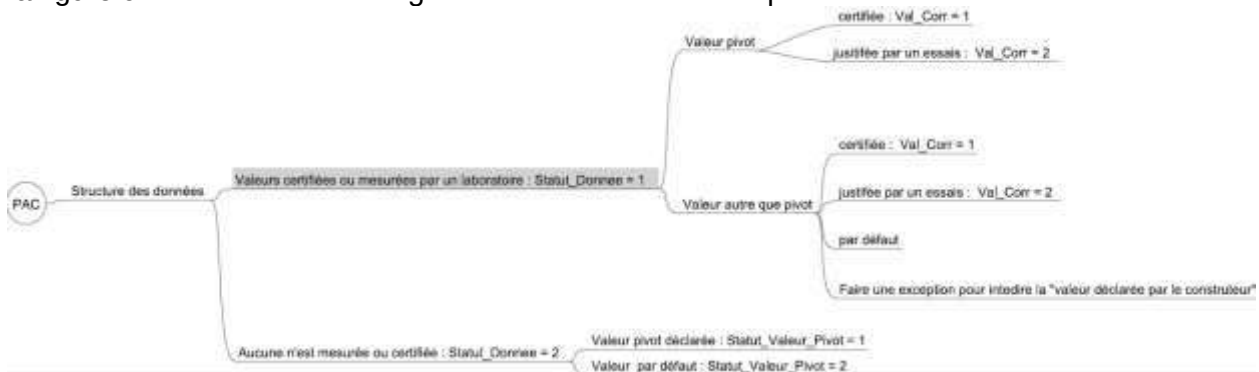
la correction est faite automatiquement.

les autres cases de la matrice de performances seront complétées par des valeurs par défaut, l'utilisateur n'ayant pas la possibilité de rentrer une valeur déclarée pour une performance autre que la valeur pivot.

- Statut_données = 2

on entre la valeur pivot, uniquement si Statut_valeur_Pivot = 1. Si Statut_valeur_Pivot = 1 c'est une valeur déclarée, si Statut_valeur_Pivot = 2 c'est une valeur par défaut qui n'est pas entrée.

La figure ci-dessous montre l'organisation des données de performance.



Les températures prises en compte sont la moyenne des températures départ et retour pour le vecteur eau et la température d'entrée pour le vecteur air.

- Pour la puissance absorbée

La puissance absorbée est le débit calorifique.

A l'instar des GUE, les puissances absorbées en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des GUE. Dans l'exemple, la valeur 7, 45 est donc obligatoirement fournie.

- Statut_données = 1

Les valeurs prises en compte sont les valeurs résultant des essais, sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

- Statut_données = 2

On entre seulement la valeur Pivot sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

- Pour les puissances électriques absorbées

La puissance électrique des auxillaires est la puissance des auxillaires internes de la machine (contrôle commande, brûleur, pompe de solution), ainsi que tout ou partie de la puissance des auxillaires affectés au déplacement des médiums en contact extérieur avec l'évaporateur et le condenseur, selon le type de machine.

La puissance est issue de données :

- certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,
- justifiées par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation : la valeur de calcul est égale à 1,1* valeur mesurée,
- valeur pivot déclarée : pour la machine air/eau classique la valeur utilisée dans le calcul pour la valeur pivot est égale à max (1,2* valeur déclarée ; 0,0416 * Pgazcons_pc_pivot). Pour les autres machines voir les chapitres par technologie.
- pivot par défaut : pour la machine air/eau classique la valeur utilisée dans le calcul est égale à max(500 ; 0,05 Pgazcons_pc_pivot). Pour les autres machines voir les chapitres par technologie.
- par défaut les autres valeurs sont calculées à l'aide des coefficients explicités pour chacune des machines.

L'entrée des données et leur correction se fait sur le même principe que les performances.

Note : le type de fluide amont doit être en cohérence avec le type de machine.

8.24.3.2 *Calcul pour une machine*

Il convient de calculer l'énergie requise pour chaque machine ainsi que le débit d'air extrait pour chaque machine fonctionnant sur air extrait.

$$Q_{Req\_act} = \frac{Q_{Req(h)}}{Rdim} \quad (1339)$$

8.24.3.3 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode chauffage ($Id_{fonction} = 1$)

8.24.3.3.1 GAHP air / eau classique

Syst_Thermo_CH = 1

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.24.3.3.1.1 Détermination des GUE_{ch}

La matrice de performances (GUE_{ch}) des machines air / eau est la suivante.

T aval (eau)			Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Tam >	-15	-7	2	7	20	
			Priorité	5	2	3	1	4	Cnn aval
35	25	30	4						1,05
40	30	35	3						1,15
50	40	45	1						1
55	45	50	2						0,95
Cnn amont				0,9	0,85	0,95	1	1,15	
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7	

Figure 140 : Matrice de performance des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	7 °C
45°C et 50°C	- 7 °C, 7 °C
45°C et 50°C, 35°C	-7°C, 2°C, 7°C
45°C et 50°C, 35°C, 30°C	-7°C, 2°C; 7°C, 20°C
	-15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 218 : Températures aux sources

8.24.3.3.1.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValGUEch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValGUEch}(\text{icol, ilign})$ $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValGUEch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValGUEch}(\text{icol, ilign}) * 0,9$ Si statut_données = 2 Si statut_valeur_pivot = 1 $\text{ValGUE\_pivot\_inter} = \min\{0,8 * \text{ValGUEch}_{\text{pivot}}; \text{Val\_util\_max}\}$ $\text{ValGUEch}(4,3) = \text{ValGUE\_pivot\_inter}$ Si statut_valeur_pivot = 2 $\text{ValGUE\_pivot\_inter} = 0,8 * \text{Val\_util\_max}$ $\text{ValGUEch}(4,3) = \text{ValGUE\_pivot\_inter}$	

8.24.3.3.1.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des $T_{\text{amont}} \geq T_{\text{amont critique}}$ et des $T_{\text{aval}} \leq T_{\text{aval critique}}$, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE $T_{\text{amont critique}}$, $T_{\text{aval critique}}$. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$GUE\_Crit = \{ValGUEch(4,2)\}$

***Attention** : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.*

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValGUEch(4,2)\} = 0$

$\{ValGUEch(4,2)\} = \{ValGUEch(4,3)\} * Cnav\_GUEch(35, 45)$

si $\{ValGUEch(4,1)\} = 0$

$\{ValGUEch(4,1)\} = \{ValGUEch(4,2)\}$

si $\{ValGUEch(4,4)\} = 0$

$\{ValGUEch(4,4)\} = \{ValGUEch(4,3)\} * Cnav\_GUEch(50, 45)$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$,

si $\{ValGUEch(3,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(3,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(4,l_{\text{ign}})\} * Cnam\_GUEch(2, 7)$

si $\{ValGUEch(2,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(2,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(3,l_{\text{ign}})\} * Cnam\_GUEch(-7, 2)$

si $\{ValGUEch(1,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(1,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(2,l_{\text{ign}})\} * Cnam\_GUEch(-15, -7)$

si $\{ValGUEch(5,1)\} = 0$

$\{ValGUEch(5,1)\} = \{ValGUEch(4,1)\}$

si $\{ValGUEch(5,2)\} = 0$

$\{ValGUEch(5,2)\} = \{ValGUEch(4,2)\}$

si $\{ValGUEch(5,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(5,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(4,l_{\text{ign}})\} * Cnam\_GUEch(20, 7)$

8.24.3.3.1.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{amont}(h)$:

Si $\theta_{amont}(h) < Val_{\theta_{amont}}(1)$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses).
Envoyer un message d'alerte dans un fichier.

$$i_{\theta_{am}}1 = 1$$

$$i_{\theta_{am}}2 = 1$$

$$\theta_{am}1 = \theta_{amont}(h)$$

$$\theta_{am}2 = Val_{\theta_{amont}}(1)$$

Si $\theta_{amont}(h) > Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le haut mais on fait cependant le calcul avec les valeurs hautes).
Envoyer un message d'alerte dans un fichier.

$$i_{\theta_{am}}1 = N_{\theta_{amont}}$$

$$i_{\theta_{am}}2 = N_{\theta_{amont}}$$

$$\theta_{am}1 = Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$$

$$\theta_{am}2 = \theta_{amont}(h)$$

Sinon,

Pour $i_{\theta_{amont}}$ allant de 2 à $N_{\theta_{amont}}$,

Si $\theta_{amont}(h) \leq Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{amont}})$, alors,

$$i_{\theta_{am}}1 = i_{\theta_{amont}} - 1$$

$$i_{\theta_{am}}2 = i_{\theta_{amont}}$$

$$\theta_{am}1 = Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}}1)$$

$$\theta_{am}2 = Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}}2)$$

Coupure de la boucle 'pour'

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

Si $\theta_{aval}(h) < Val_{\theta_{aval}}(1)$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses)

$$i_{\theta_{av}}1 = 1$$

$$i_{\theta_{av}}1 = 1$$

$$\theta_{av}1 = \theta_{aval}(h)$$

$$\theta_{av}2 = Val_{\theta_{aval}}(1)$$

Si $\theta_{aval}(h) > Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le haut mais on fait cependant le calcul avec les valeurs hautes)

$$i_{\theta_{av}}1 = N_{\theta_{aval}}$$

$$i_{\theta_{av}}2 = N_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av}1 = Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$$

$$\theta_{av2} = \theta_{aval}(h)$$

Sinon,

Pour $i_{\theta_{aval}}$ allant de 2 à $N_{\theta_{aval}}$,

Si $\theta_{aval}(h) \leq Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{aval}})$, alors,

$$i_{\theta_{av}1} = i_{\theta_{aval}} - 1$$

$$i_{\theta_{av}2} = i_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av1} = Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}1})$$

$$\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}2})$$

Coupure de la boucle 'pour'

Calculs des coefficients d'interpolation

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}}$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}}$$

Calcul de la performance

$$GUEch\_pc(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.3.1.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines air / eau est la suivante :

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-15	-7	2	7	20		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	2	3	1	4		
35	25	30	4						1	30/35
40	30	35	3						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	2						1	50/45
				1	1,03	1,06	1	1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 141 : Matrice des puissances absorbées pour les machine air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

8.24.3.3.1.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValPabs(4,2)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,2)\} = \{ValPabs(4,3)\} * C_{nav\_Pabs}(35, 45)$$

si $\{ValPabs(4,1)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,1)\} = \{ValPabs(4,2)\} * C_{nav\_Pabs}(30, 35)$$

si $\{ValPabs(4,4)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,4)\} = \{ValPabs(4,3)\} * C_{nav\_Pabs}(50, 45)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{ValCOP(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(3, l_{ign})\} = \{ValPabs(4, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(2, 7)$$

si $\{ValPabs(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(2, l_{ign})\} = \{ValPabs(3, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(-7, 2)$$

si $\{ValPabs(1, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(1, l_{ign})\} = \{ValPabs(2, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(-15, -7)$$

si $\{ValPabs(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(5, l_{ign})\} = \{ValPabs(4, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(20, 7)$$

8.24.3.3.1.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons\_pc(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValPabs(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.3.1.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en chauffage Paux

La matrice des puissances électriques Pauxpc des GAHP air / eau est la suivante.

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-15	-7	2	7	20		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	2	3	1	4		
35	25	30	4						1	30/35
40	30	35	3						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	2						1	50/45
				1	1	1	1	1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 142 : Matrice de performance des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.3.1.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign})$ $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) * 1,1$ Si statut_données = 2 Si statut_Paux_pivot = 1 $\text{ValPaux}_{\text{pivot\_inter}} = \max\{1,2 * \text{ValPauxch}_{\text{pivot}}; 0,0416 * \text{ValPabs}(4,3)\}$ $\text{ValPauxch}(4,3) = \text{ValPaux\_pivot\_inter}$ Si statut_paux_pivot = 2 $\text{ValPaux\_pivot\_inter} = \max(500 ; 0,05 * \text{ValPabs}(4,3))$ $\text{ValPauxch}(4,3) = \text{ValPaux\_pivot\_inter}$	

8.24.3.3.1.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{\text{ValPaux}(4,2)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,2)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnn}_{\text{nav\_Paux}}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPaux}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,1)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnn}_{\text{nav\_Paux}}(30, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(4,4)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,4)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnn}_{\text{nav\_Paux}}(50, 45)$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à $N_{\theta \text{aval}}$,

si $\{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} * \text{Cnn}_{\text{nam\_Paux}}(2, 7)$$

si $\{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} * \text{Cnn}_{\text{nam\_Paux}}(-7, 2)$$

si $\{\text{ValPaux}(1, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} * \text{Cnn}_{\text{nam\_Paux}}(-15, -7)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} * \text{Cnn}_{\text{nam\_Paux}}(20, 7)$$

8.24.3.3.1.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1-C_{\theta_{am}})*(1-C_{\theta_{av}})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}}*(1 - C_{\theta_{av}})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}}*(1 - C_{\theta_{am}})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}}*C_{\theta_{av}}*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.3.1.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

Les puissances fournies à pleine charge en conditions non nominales sont égales au produit de la puissance gaz absorbée et du GUE.

Si la puissance requise par le réseau est supérieure à la puissance disponible, l'énergie restante est en sortie de ce module. Elle pourra alors être fournie par un générateur d'appoint ou reportée au pas de temps suivant.

$$\text{Pfou\_pc\_brut}(h) = \text{Pgazcons\_pc}(h) * \text{GUEch\_pc}(h)$$

si $\text{Lim\_Theta} = 0$

$$\text{Pfou\_pc}(h) = \text{Pfou\_pc\_brut}(h)$$

$$Q_{\text{rest\_act}} = \max\{0; Q_{\text{req\_act}} - \text{Pfou\_pc}(h)\}$$

sinon si $\text{Lim\_Theta} = 1$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Theta\_min\_am}$ **ou** si $\theta_{\text{aval}}(h) > \text{Theta\_max\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}} = Q_{\text{req\_act}}$$

$$\text{Pfou\_pc}(h) = 0$$

sinon si $\text{Lim\_Theta} = 2$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Theta\_min\_am}$ **et** si $\theta_{\text{aval}}(h) > \text{Theta\_max\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}} = Q_{\text{req\_act}}$$

$$\text{Pfou\_pc}(h) = 0$$

8.24.3.3.1.5 Limites de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement possibles sont définies par le constructeur. Elles s'expriment en termes de valeur haute de la température départ aval Theta_max_av et valeur basse de température amont Theta_min_am , ou en combinaison de deux valeurs.

Par exemple, $\text{Theta\_max\_av} = 40^\circ\text{C}$ indique que la machine ne peut pas fonctionner si la température départ réseau est supérieure à 40°C . Ceci indique un manque de cohérence entre la caractéristique du réseau et des émetteurs et la machine. La machine ne fonctionne alors pas et un générateur d'appoint doit être utilisé.

Par exemple, $\text{Theta\_min\_am} = -7^\circ\text{C}$ indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est inférieure à -7°C . Un appoint est alors nécessaire pour ces conditions.

($\text{Theta\_max\_av} = 40^\circ\text{C}$, $\text{Theta\_min\_am} = -7^\circ\text{C}$) indique que la machine ne fonctionne pas si les deux conditions sont simultanément remplies. Un appoint est alors nécessaire pour ces conditions.

8.24.3.3.2 GAHP air / eau haute température

Syst_Thermo_CH = 2

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.24.3.3.2.1 Détermination des GUE_{ch}

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-15	-7	2	7	20		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	2	3	1	4	Cnn	
35	25	30	4						1,05	30/35
40	30	35	3						1,15	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	5						0,95	50/45
65	55	60	2						0,8	60/50
Cnn amont				0,9	0,85	0,95	1	1,15		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 143 : Matrice de performance des machines air / eau haute température

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	7 °C
45°C, 60°C	- 7 °C, 7 °C
45°C, 60°C, 35°C	-7°C, 2°C, 7°C
45°C, 60°C, 35°C, 30°C	-7°C, 2°C; 7°C, 20°C
45°C, 60°C, 35°C, 30°C, 50°C	-15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 219 : Températures aux sources

8.24.3.3.2.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

on applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.1 Si statut_données = 2 $ValGUEch(4,3) = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.3.2.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des Tamont $\geq$ Tamont critique et des Taval $\leq$ Taval critique, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE Tamont critique, Taval critique. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$GUE\_Crit = \{ValGUEch(4,2)\}$

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValGUEch(4,2)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,2)\} = \{\text{ValGUEch}(4,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(35, 45)$$

si {ValGUEch(4,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,1)\} = \{\text{ValGUEch}(4,2)\}$$

si {ValGUEch(4,4)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,4)\} = \{\text{ValGUEch}(4,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(50, 45)$$

si {ValGUEch(4,5)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,5)\} = \{\text{ValGUEch}(4,4)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si {ValGUEch(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnnam\_GUEch}(2, 7)$$

si {ValGUEch(2,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} * \text{Cnnam\_GUEch}(-7, 2)$$

si {ValGUEch(1,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(1,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} * \text{Cnnam\_GUEch}(-15, -7)$$

si {ValGUEch(5,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(5,1)\} = \{\text{ValGUEch}(4,1)\}$$

si {ValGUEch(5,2)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(5,2)\} = \{\text{ValGUEch}(4,2)\}$$

si {ValGUEch(5,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnnam\_GUEch}(20, 7)$$

8.24.3.3.2.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{\text{amont}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{\text{aval}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\text{GUEch\_pc}(h) = (1 - C_{\theta\text{am}}) * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{am}} * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{av}} * (1 - C_{\theta\text{am}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}2)\} + C_{\theta\text{am}} * C_{\theta\text{av}} * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}2)\}$$

8.24.3.3.2.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines air / eau est la suivante :

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-15	-7	2	7	20		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	2	3	1	4		
35	25	30	4						1	30/35
40	30	35	3						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	5						1	50/45
65	55	60	2						1	60/50
				1	1,03	1,06	1	1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 144 : Matrice des puissances absorbées pour les machine air / eau haute température

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

8.24.3.3.2.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

- 1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(4,2)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,2)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(35, 45)$$

si {ValPabs(4,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,1)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(30, 35)$$

si {ValPabs(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,4)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(50, 45)$$

si {ValPabs(4,5)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,5)\} = \{\text{ValPabs}(4,4)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(60, 50)$$

- 2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si {ValCOP(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(3,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(4,lalign)\} * \text{Cnnam\_Pabs}(2, 7)$$

si {ValPabs(2,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(3,lalign)\} * \text{Cnnam\_Pabs}(-7, 2)$$

si {ValPabs(1,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(2,lalign)\} * \text{Cnnam\_Pabs}(-15, -7)$$

si {ValPabs(5,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(5,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(4,lalign)\} * \text{Cnnam\_Pabs}(20, 7)$$

8.24.3.3.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons\_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am1}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am2}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPabs(i_{\theta am1}, i_{\theta av2})\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPabs(i_{\theta am2}, i_{\theta av2})\}$$

8.24.3.3.2.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en chauffage Paux

La matrice des puissances électriques Pauxpc des GAHP air /eau est la suivante.

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-15	-7	2	7	20		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	2	3	1	4		
35	25	30	4						1	30/35
40	30	35	3						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	5						1	50/45
65	55	60	2						1	60/50
				1	1	1	1	1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 145 : Matrice de performance des machines air / eau haute température

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.3.2.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.3.1	
Si statut_données = 2	
$ValPauxch(4,3) = ValPaux\_pivot\_inter$	

8.24.3.3.2.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPaux(4,2)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,2)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnav\_Paux}(35, 45)$$

si {ValPaux(4,1)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,1)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnav\_Paux}(30, 35)$$

si {ValPaux(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,4)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnav\_Paux}(50, 45)$$

si {ValPaux(4,5)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,5)\} = \{\text{ValPaux}(4,4)\} * \text{Cnav\_Paux}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si {ValPaux(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Paux}(2, 7)$$

si {ValPaux(2,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,\text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(3,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Paux}(-7, 2)$$

si {ValPaux(1,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(1,\text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(2,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Paux}(-15, -7)$$

si {ValPaux(5,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Paux}(20, 7)$$

8.24.3.3.2.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1 - C_{\theta\text{am}}) * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{am}} * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{av}} * (1 - C_{\theta\text{am}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}2)\} + C_{\theta\text{am}} * C_{\theta\text{av}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}2)\}$$

8.24.3.3.2.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.3.3 classique

GAHP eau glycolée / eau

Syst_Thermo_CH = 3

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.24.3.3.3.1 Détermination des GUE_{ch}

La matrice de performances des machines eau glycolée / eau est la suivante.

				Tamont (eau capteur géothermiques)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5	Cnn	
35	25	30	3						1,05	30/35
40	30	35	4						1,1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	2						1	50/45
Cnn amont				1	1,05	1,05	1,05	1,05		
					2,5/-	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 146 : Matrice de performance des machines eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	-2,5°C
45°C et 50°C	-2,5°C, 2,5°C,
45°C et 50°C, 30°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C,
45°C et 50°C, 30°C, 35°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C, 12,5°C,
	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C, 12,5°C, 17,5°C,

Tableau 220 : Températures aux sources

8.24.3.3.3.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

on applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.1 Si statut_données = 2	
$ValGUEch(1,3) = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.3.3.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des Tamont $\geq$ Tamont critique et des Taval $\leq$ Taval critique, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE Tamont critique, Taval critique. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$GUE_{Crit} = \{ValGUEch(2,2)\}$

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValGUEch(1,2)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(1,2)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(35, 45)$$

si {ValGUEch(1,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(1,1)\} = \{\text{ValGUEch}(1,2)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(30, 35)$$

si {ValGUEch(1,4)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(1,4)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(50, 45)$$

2. les lignes sont complétées

si {ValGUEch(2,2)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = \{\text{ValGUEch}(1,2)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(2,5, -2,5)$$

si {ValGUEch(2,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

Pour lalign allant de 1 à 2

si {ValGUEch(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\}$$

si {ValGUEch(4,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\}$$

si {ValGUEch(5,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\}$$

Pour lalign allant de 3 à N_{aval} ,

si {ValGUEch(2,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(1,\text{lalign})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(2,5, -2,5)$$

si {ValGUEch(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(7,5, 2,5)$$

si {ValGUEch(4,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(12,5, 7,5)$$

si {ValGUEch(5,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.3.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{amont}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEch\_pc(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{ValGUEch(i_{\theta am1}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{ValGUEch(i_{\theta am2}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{ValGUEch(i_{\theta am1}, i_{\theta av2})\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{ValGUEch(i_{\theta am2}, i_{\theta av2})\}$$

8.24.3.3.3.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines air / eau est la suivante :

				Tamont (eau capteur géothermique)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	3						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	2						1	50/45
				1	1	1	1	1		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 147 : Matrice des puissances absorbées pour les machine eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 45.

8.24.3.3.3.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(1,2)} = 0

$$\{ValPabs(1,2)\} = \{ValPabs(1,3)\} * Cnnav\_Pabs(35, 45)$$

si {ValPabs(1,1)} = 0

$$\{ValPabs(1,1)\} = \{ValPabs(1,2)\} * Cnnav\_Pabs(30, 35)$$

si {ValPabs(1,4)} = 0

$$\{ValPabs(1,4)\} = \{ValPabs(1,3)\} * Cnnav\_Pabs(50, 45)$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{ValCOP(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(2, l_{ign})\} = \{ValPabs(1, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(2, 5, -2, 5)$$

si $\{ValPabs(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(3, l_{ign})\} = \{ValPabs(2, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(7, 5, 2, 5)$$

si $\{ValPabs(4, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(4, l_{ign})\} = \{ValPabs(3, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(7, 5, 12, 5)$$

si $\{ValPabs(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(5, l_{ign})\} = \{ValPabs(4, l_{ign})\} * C_{nam\_Pabs}(12, 5, 17, 5)$$

8.24.3.3.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons\_pc(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValPabs(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.3.3.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en chauffage Paux

La matrice des puissances électriques $Paux_{pc}$ des GAHP air /eau est la suivante.

				Tamont (eau capteur géothermique)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	3						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	2						1	50/45
				1	1	1	1	1		
					2,5/-	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 148 : Matrice de performance des machines eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $tam = -2,5$; $Tav = 45$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.3.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) = , ValPauxch(icol, ilign) = ValPauxch(icol, ilign) Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) = , ValPauxch(icol, ilign) = ValPauxch(icol, ilign)*1,1 Si statut_données = 2 Si statut_Paux_pivot = 1 ValPaux_{pivot_inter} = max{1,2*ValPauxch_{pivot}; 0,0167*ValPabs(1,3))} ValPauxch(1,3) = ValPaux_pivot_inter Si statut_paux_pivot = 2 ValPaux_pivot_inter = max(250 ; 0,02 * ValPabs(1,3)) ValPauxch(1,3) = ValPaux_pivot_int	

8.24.3.3.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

- 1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPaux(1,2)} = 0

$$\{ValPaux(1,2)\} = \{ValPaux(1,3)\} * Cnav\_Paux(35, 45)$$

si {ValPaux(1,1)} = 0

$$\{ValPaux(1,1)\} = \{ValPaux(1,2)\} * Cnav\_Paux(30, 35)$$

si {ValPaux(1,4)} = 0

$$\{ValPaux(1,4)\} = \{ValPaux(1,3)\} * Cnav\_Paux(50, 45)$$

- 2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si {ValPaux(2,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(2,lalign)\} = \{ValPaux(1,lalign)\} * Cnam\_Paux(2,5, -2,5)$$

si {ValPaux(3,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(3,lalign)\} = \{ValPaux(2,lalign)\} * Cnam\_Paux(7,5, 2,5)$$

si {ValPaux(4,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(4,lalign)\} = \{ValPaux(3,lalign)\} * Cnam\_Paux(12,5, 7,5)$$

si {ValPaux(5,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(5,lalign)\} = \{ValPaux(4,lalign)\} * Cnam\_Paux(17,5, 12,5)$$

8.24.3.3.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Paux\_pc(h) = (1-C_{\theta_{am}})*(1-C_{\theta_{av}})*\{ValPaux(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}}*(1 - C_{\theta_{av}})*\{ValPaux(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}}*(1 - C_{\theta_{am}})*\{ValPaux(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}}*C_{\theta_{av}}*\{ValPaux(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.24.3.3.3.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.3.4 GAHP eau glycolée / eau haute température

Syst_Thermo_CH = 4

Idfougen = 1 IdFluide_aval = 1

8.24.3.3.4.1 Détermination des GUE_{ch}

La matrice de performances des machines eau glycolée / eau haute température est la suivante.

				Tamont (eau capteur géothermique)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	Cnn aval	
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	3						1,05	30/35
40	30	35	4						1,1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	5						1	50/45
65	55	60	2						0,85	60/50
Cnn amont				1	1,05	1,05	1,05	1,05		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 149 : Matrice de performance des machines eau glycolée / eau haute température

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	-2,5°C
45°C, 60°C	-2,5°C, 2,5°C,
45°C, 60°C, 30°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C,
45°C, 60°C, 30°C, 35°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C, 12,5°C,
45°C, 60°C, 30°C, 35°C, 50°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C, 12,5°C, 17,5°C,

Tableau 221 : Températures aux sources

8.24.3.3.4.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

on applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.1 Si statut_données = 2 $ValGUEch(1,3) = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.3.4.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des $T_{\text{amont}} \geq T_{\text{amont critique}}$ et des $T_{\text{aval}} \leq T_{\text{aval critique}}$, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE $T_{\text{amont critique}}$, $T_{\text{aval critique}}$. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$$\text{GUE\_Crit} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(1,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(1,2)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(35, 45)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(1,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(1,1)\} = \{\text{ValGUEch}(1,2)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(30, 35)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(1,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(1,4)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(50, 45)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(1,5)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(1,5)\} = \{\text{ValGUEch}(1,4)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(2,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = \{\text{ValGUEch}(1,2)\} * \text{Cnnam\_GUEch}(2,5, -2,5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(2,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(2,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(2,3)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnnam\_GUEch}(2,5, -2,5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(2,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(2,4)\} = \{\text{ValGUEch}(1,4)\} * \text{Cnnam\_GUEch}(2,5, -2,5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(2,5)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(2,5)\} = \{\text{ValGUEch}(1,5)\} * \text{Cnnam\_GUEch}(2,5, -2,5)$$

Pour l_{lign} allant de 1 à 2,

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(3, l_{\text{lign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(3, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2, l_{\text{lign}})\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(4, l_{\text{lign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(4, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2, l_{\text{lign}})\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5, l_{\text{lign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(5, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2, l_{\text{lign}})\}$$

Pour l_{lign} allant de 3 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$,

si {ValGUEch(3,lign)} = 0

$$\{VaGUEch(3,lign)\} = \{ValGUEch(2,lign)\} * C_{nam\_GUEch}(7,5, 2,5)$$

si {ValGUEch(4,lign)} = 0

$$\{ValGUEch(4,lign)\} = \{ValGUEch(3,lign)\} * C_{nam\_GUEch}(12,5, 7,5)$$

si {ValGUEch(5, lign)} = 0

$$\{ValGUEch(5,lign)\} = \{ValGUEch(4,lign)\} * C_{nam\_GUEch}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.3.4.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{amont}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEch\_pc(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{ValGUEch(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{ValGUEch(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{ValGUEch(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{ValGUEch(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.24.3.3.4.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines air / eau est la suivante :

				Tamont (eau capteur géothermique)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	3						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	5						1	50/45
65	55	60	2						1	60/50
				1	1	1	1	1		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 150 : Matrice des puissances absorbées pour les machine eau glycolée / eau haute température

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 45.

8.24.3.3.4.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(1,2)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,2)\} = \{\text{ValPabs}(1,3)\} * \text{Cnav\_Pabs}(35, 45)$$

si {ValPabs (1,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,1)\} = \{\text{ValPabs}(1,2)\} * \text{Cnav\_Pabs}(30, 35)$$

si {ValPabs (1,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,4)\} = \{\text{ValPabs}(1,3)\} * \text{Cnav\_Pabs}(50, 45)$$

si {ValPabs (1,5)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,5)\} = \{\text{ValPabs}(1,4)\} * \text{Cnav\_Pabs}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si {ValPabs(2,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,\text{lalign})\} = \{\text{ValPabs}(1,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(2,5, -2,5)$$

si {ValPabs (3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValPabs}(2,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(7,5, 2,5)$$

si {ValPabs (4,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,\text{lalign})\} = \{\text{ValPabs}(3,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(12,5, 7,5)$$

si {ValPabs (5,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValPabs}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.3.4.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pgazcons\_pc}(h) = (1 - C_{\theta\text{am}}) * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{am}} * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{av}} * (1 - C_{\theta\text{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}2)\} + C_{\theta\text{am}} * C_{\theta\text{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}2)\}$$

8.24.3.3.4.3 Détermination de de la puissance électrique absorbée en chauffage Paux

La matrice des puissances électriques Pauxpc des GAHP air /eau est la suivante.

				Tamont (eau capteur géothermique)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	3						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	5						1	50/45
65	55	60	2						1	60/50
				1	1	1	1	1		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 151 : Matrice de performance des machines eau glycolée / eau haute température

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.3.4.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign})$ $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) * 1,1$ Si statut_données = 2 Si statut_Paux_pivot = 1 $\text{ValPaux}_{\text{pivot\_inter}} = \max\{1,2 * \text{ValPauxch}_{\text{pivot}}; 0,0167 * \text{ValPabs}(1,3)\}$ $\text{ValPauxch}(1,3) = \text{ValPaux\_pivot\_inter}$ Si statut_paux_pivot = 2 $\text{ValPaux\_pivot\_inter} = \max(250 ; 0,02 * \text{ValPabs}(1,3))$ $\text{ValPauxch}(1,3) = \text{ValPaux\_pivot\_inter}$	

8.24.3.3.4.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

- 1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{\text{ValPaux}(1,2)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1,2)\} = \{\text{ValPaux}(1,3)\} * \text{Cnnav\_Paux}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPaux}(1,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1,1)\} = \{\text{ValPaux}(1,2)\} * \text{Cnnav\_Paux}(30, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(1,4)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1,4)\} = \{\text{ValPaux}(1,3)\} * \text{Cnnav\_Paux}(50, 45)$$

- 2) les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à N_{θaval},

si $\{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(1, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_Paux}(2,5, -2,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_Paux}(7,5, 2,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_Paux}(12,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_Paux}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.3.4.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am1}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am2}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am1}, i_{\theta av2})\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am2}, i_{\theta av2})\}$$

8.24.3.3.4.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.3.5 GAHP eau / eau

Syst_Thermo_CH = 5

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.24.3.3.5.1 Détermination des GUE_{ch}

La matrice de performances des machines eau / eau est la suivante.

T aval (eau)				Tamont (eau de nappe ou de					
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	2,5	7,5	12,5	17,5		
35	25	30	4	2	1	3	4	Cnn	
40	30	35	3					1,05	30/35
50	40	45	1					1	
55	45	50	5					0,95	50/45
65	55	60	2					0,95	60/50
Cnn amont				0,95	1	1,05	1,05		
				2,5/7,5		12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 152 : Matrice de performance des machines eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7,5 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	7,5 °C
45°C, 60°C	7,5 °C, 2,5 °C
45°C, 60°C, 35°C	7,5 °C, 2,5 °C, 12,5°C
45°C, 60°C, 35°C, 30°C	7,5 °C, 2,5 °C, 12,5°C, 17,5°C
45°C, 60°C, 35°C, 30°C, 50°C	

Tableau 222 : Températures aux sources

8.24.3.3.5.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

on applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUEch(2,3) = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.3.5.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des Tamont $\geq$ Tamont critique et des Taval $\leq$ Taval critique, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE Tamont critique, Taval critique. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$GUE_{Crit} = \{ValGUEch(2,2)\}$

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = \{\text{ValGUEch}(2,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(35,45)$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,4)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,4)\} = \{\text{ValGUEch}(2,3)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(50, 45)$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,5)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,5)\} = \{\text{ValGUEch}(2,4)\} * \text{Cnnav\_GUEch}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$,

si $\{\text{ValGUEch}(1,l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(1,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(2,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(3,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(3,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,1)\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(3,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(3,2)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(4,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,1)\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(4,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(4,2)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(3,l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(3,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(12,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(4,l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(4,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValGUEch}(3,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_GUEch}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.3.5.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{\text{amont}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{\text{aval}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEch\_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValGUEch(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValGUEch(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.24.3.3.5.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines eau / eau est la suivante :

				Tamont (eau de nappe ou de surface)					
T aval (eau)			Tam >	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	2	1	3	4		
35	25	30	4					1	30/35
40	30	35	3					1	35/45
50	40	45	1					1	
55	45	50	5					1	50/45
65	55	60	2					1	60/50
				1	1	1	1		
				2,5/7,5		12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 153 : Matrice des puissances absorbées pour les machine eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7,5 ; Tav = 45.

8.24.3.3.5.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(2,2)} = 0

$$\{ValPabs(2,2)\} = \{ValPabs(2,3)\} * Cnnav\_Pabs(35, 45)$$

si {ValPabs(2,1)} = 0

$$\{ValPabs(2,1)\} = \{ValPabs(2,2)\} * Cnnav\_Pabs(30, 35)$$

si {ValPabs(2,4)} = 0

$$\{ValPabs(2,4)\} = \{ValPabs(2,3)\} * Cnnav\_Pabs(50, 45)$$

si {ValPabs(2,5)} = 0

$$\{ValPabs(2,5)\} = \{ValPabs(2,4)\} * Cnnav\_Pabs(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta av}$,

si {ValPabs(1,lalign)} = 0

$$\{ValPabs(1,lalign)\} = \{ValPabs(2,lalign)\} * Cnnam\_Pabs(2,5, 7,5)$$

si {ValPabs(3,lalign)} = 0

$$\{ValPabs(3,lalign)\} = \{ValPabs(2,lalign)\} * Cnnam\_Pabs(7,5, 12,5)$$

si {ValPabs(4,lalign)} = 0

$$\{ValPabs(4,lalign)\} = \{ValPabs(3,lalign)\} * Cnnam\_Pabs(12,5, 17,5)$$

8.24.3.3.5.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons\_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPabs(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPabs(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.24.3.3.5.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en chauffage Paux

La matrice des puissances électrique Pauxpc des GAHP eau /eau est la suivante.

T aval (eau)			Tam >	Tamont (eau de nappe ou de					
Tdépart	Tretour	Taval		2,5	7,5	12,5	17,5		
			Priorité	2	1	3	4		
35	25	30	4					1	30/35
40	30	35	3					1	35/45
50	40	45	1					1	
55	45	50	5					1	50/45
65	55	60	2					1	60/50
				1	1	1	1		
				2,5/7,5		12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 154 : Matrice de performance des machines eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7,5 ; Tav = 45.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.3.5.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.3.1	
Si statut_données = 2	
ValPauxch(2,3) = ValPaux_pivot_interSi statut_	

8.24.3.3.5.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPaux(2,2)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,2)\} = \{\text{ValPaux}(2,3)\} * \text{Cnav\_Paux}(35, 45)$$

si {ValPaux(2,1)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,1)\} = \{\text{ValPaux}(2,2)\} * \text{Cnav\_Paux}(30, 35)$$

si {ValPaux(2,4)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,4)\} = \{\text{ValPaux}(2,3)\} * \text{Cnav\_Paux}(50, 45)$$

si {ValPaux(2,5)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,5)\} = \{\text{ValPaux}(2,4)\} * \text{Cnav\_Paux}(60, 50)$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si {ValPaux(1,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(1,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(2,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Paux}(2,5, 7,5)$$

si {ValPaux(3,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(3,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(2,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Paux}(7,5, 12,5)$$

si {ValPaux(4,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(3,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Paux}(12,5, 17,5)$$

8.24.3.3.5.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1-C_{\theta_{am}})*(1-C_{\theta_{av}})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}}*(1 - C_{\theta_{av}})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}}*(1 - C_{\theta_{am}})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}}*C_{\theta_{av}}*\{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.3.5.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode ECS (Idfonction = 3)

8.24.3.4.1 GAHP air / eau

Syst_Thermo_ECS = 1

Idfougen = 3

IdFluide_aval = 1

8.24.3.4.1.1 Détermination des GUE_{ECS}

T aval (eau)			Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Tam >	-15	-7	2	7	20	
			Priorité	5	2	3	1	4	Cnn aval
35	25	30	5						1,05
40	30	35	4						1,05
50	40	45	3						1,05
55	45	50	2						1,15
65	55	60	1						1
			Cnn amont	0,8	0,9	0,9	1	1,1	
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7	

Figure 155 : Matrice de performance des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 60.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
60°C	7 °C
60°C et 50°C	- 7 °C, 7 °C
60°C et 50°C, 45°C	-7°C, 2°C, 7°C
60°C et 50°C, 45°C, 35°C	-7°C, 2°C; 7°C, 20°C
60°C et 50°C, 45°C, 35°C, 30°C	-15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 223 : Températures aux sources

8.24.3.4.1.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1
Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) = , ValGUEecs(icol, ilign) = ValGUEecs(icol, ilign)
Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) = , ValGUEecs(icol, ilign) = ValGUEecs(icol, ilign)*0,9
Si statut_données = 2
Si statut_valeur_pivot = 1
ValECS_pivot_inter = min{0,8*ValGUEecs_pivot; Val_util_max}
ValGUEecs(4,5) = ValGUE_pivot_inter
Si statut_valeur_pivot = 2
ValECS_pivot_inter = 0.8 * Val_util_max
ValGUEecs(4,5) = ValGUE_pivot_inter

8.24.3.4.1.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des $T_{\text{amont}} \geq T_{\text{amont critique}}$ et des $T_{\text{aval}} \leq T_{\text{aval critique}}$, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE $T_{\text{amont critique}}$, $T_{\text{aval critique}}$. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$$\text{GUE\_Crit} = \{\text{ValGUEch}(4,2)\}$$

La fonction ECS étant activée toute l'année, T_{amont} peut dépasser 20°C . En l'absence de valeurs de GUE_{ECS} au delà de $T_{\text{amont}} 20^\circ\text{C}$, le GUE à 20°C est utilisé. Si un GUE_{ECS} au delà de 20°C est fourni, par exemple à 35°C , le GUE_{ECS} de calcul à 20°C est remplacé par le GUE de calcul à 35°C . Au-delà, le Cnn reste égal au Cnn à 35°C .

***Attention** : les Cnn partent de la T_{amont} ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.*

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,4)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,5)\} * \text{Cnav\_GUEecs}(50, 60)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,3)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,4)\} * \text{Cnav\_GUEecs}(45, 50)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,3)\} * \text{Cnav\_GUEecs}(35, 45)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,2)\}$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à N_{aval} ,

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_GUEecs}(2, 7)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_GUEecs}(-7, 2)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(1, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(1, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_GUEecs}(-15, -7)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(5,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,1)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(5,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_GUEecs}(20, 7)$$

8.24.3.4.1.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{\text{amont}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{\text{aval}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\text{GUEecs\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} \\ + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.24.3.4.1.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines air / eau est la suivante :

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-15	-7	2	7	20		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	2	3	1	4		
35	25	30	5						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	3						1	45/50
55	45	50	2						1	50/60
65	55	60	1						1	
				1	1,03	1,06	1	1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 156 : Matrice des puissances absorbées pour les machine air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 60.

8.24.3.4.1.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

La fonction ECS étant activée toute l'année, T amont peut dépasser 20°C. En l'absence de valeurs de Pgazcons_{ECS} au delà de T amont 20°C, le Pgazcons_{ECS} à 20°C est utilisé. Si un Pgazcons_{ECS} au delà de 20°C est fourni, par exemple à 35°C, le Pgazcons_{ECS} de calcul à 20°C est remplacé par le Pgazcons_{ECS} de calcul à 35°C. Au-delà, le Cnn reste égal au Cnn à 35°C.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,4)\} = \{\text{ValPabs}(4,5)\} * \text{Cnn}_{\text{av\_Pabs}}(50, 60)$$

si {ValPabs(4,3)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,3)\} = \{\text{ValPabs}(4,4)\} * \text{Cnn}_{\text{av\_Pabs}}(45, 50)$$

si {ValPabs(4,2)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,2)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnav\_Pabs}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPabs}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(4,1)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnav\_Pabs}(30, 35)$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à N_{aval} ,

si $\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(2, 7)$$

si $\{\text{ValPabs}(2, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(2, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(3, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(-7, 2)$$

si $\{\text{ValPabs}(1, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(1, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(-15, -7)$$

si $\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(20, 7)$$

8.24.3.4.1.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pgazcons\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.24.3.4.1.3 Détermination de de la puissance électrique absorbée en ECS Paux

La matrice des puissances électriques Pauxpc des GAHP air /eau est la suivante.

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval		-15	-7	2	7	20		
			Priorité	5	2	3	1	4		
35	25	30	5						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	3						1	45/50
55	45	50	2						1	50/60
65	55	60	1						1	
				1	1	1	1	1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 157 : Matrice de performance des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\text{tam} = 7$; $\text{Tav} = 60$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.4.1.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.3.1

Si statut_données = 2

$$ValPauxECS(4,5) = ValPaux\_pivot\_inter$$

8.24.3.4.1.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

La fonction ECS étant activée toute l'année, T amont peut dépasser 20°C. En l'absence de valeurs de Paux_{ECS} au delà de T amont 20°C, le Paux_{ECS} à 20°C est utilisé. Si un Paux_{ECS} au delà de 20°C est fourni, par exemple à 35°C, le Paux_{ECS} de calcul à 20°C est remplacé par le Paux_{ECS} de calcul à 35°C. Au-delà, le Cnn reste égal au Cnn à 35°C.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPaux(4,4)} = 0

$$\{ValPaux(4,4)\} = \{ValPaux(4,5)\} * Cnav\_Paux(50, 60)$$

si {ValPaux(4,3)} = 0

$$\{ValPaux(4,3)\} = \{ValPaux(4,4)\} * Cnav\_Paux(45, 50)$$

si {ValPaux(4,2)} = 0

$$\{ValPaux(4,2)\} = \{ValPaux(4,3)\} * Cnav\_Paux(35, 45)$$

si {ValPaux(4,1)} = 0

$$\{ValPaux(4,1)\} = \{ValPaux(4,2)\} * Cnav\_Paux(30, 35)$$

2. les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta av}$,

si {ValPaux(3,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(3,lalign)\} = \{ValPaux(4,lalign)\} * Cnam\_Paux(2, 7)$$

si {ValPaux(2,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(2,lalign)\} = \{ValPaux(3,lalign)\} * Cnam\_Paux(-7, 2)$$

si {ValPaux(1,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(1,lalign)\} = \{ValPaux(2,lalign)\} * Cnam\_Paux(-15, -7)$$

si {ValPaux(5,lalign)} = 0

$$\{ValPaux(5,lalign)\} = \{ValPaux(4,lalign)\} * Cnam\_Paux(20, 7)$$

8.24.3.4.1.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Paux\_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPaux(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPaux(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPaux(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPaux(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.24.3.4.1.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.4.2 GAHP eau glycolée / eau

Syst_Thermo_ECS = 2

Idfougen = 3

IdFluide_aval = 1

8.24.3.4.2.1 Détermination des GUE_{ECS}

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	Cnn	
35	25	30	5						1,05	30/35
40	30	35	4						1,1	35/45
50	40	45	3						1,1	45/50
55	45	50	2						1,1	50/60
65	55	60	1						1	
Cnn amont				1	1,02	1,03	1,03	1,03		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 158 : Matrice de performance des machines eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 60.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
60°C	-2,5°C,
60°C et 50°C	-2,5°C, 2,5°C,
60°C et 50°C, 45°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C,
60°C et 50°C, 45°C, 35°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C, 12,5°C,
60°C et 50°C, 45°C, 35°C, 30°C	-2,5°C, 2,5°C, 7,5°C, 12,5°C, 17,5°C

Tableau 224 : Températures aux sources

8.24.3.4.2.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.4.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUEecs(1,5) = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.4.2.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des Tamont $\geq$ Tamont critique et des Taval $\leq$ Taval critique, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE Tamont critique, Taval critique. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$GUE\_Crit = \{ValGUEch(2,2)\}$

La fonction ECS étant activée toute l'année, T amont peut dépasser 17,5°C. En l'absence de valeurs de GUE_{ECS} au delà de T amont 17,5°C, le GUE à 17,5°C est utilisé. Si un GUE_{ECS} au delà de 17,5°C est fourni, par exemple à 35°C, le GUE_{ECS} de calcul à 17,5°C est remplacé par le GUE de calcul à 35°C. Au-delà, le Cnn reste égal au Cnn à 35°C.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValGUEecs(1,4)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(1,4)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,5)\} * \text{Cnnav\_GUEecs}(50, 60)$$

si {ValGUEecs(1,3)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(1,3)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,4)\} * \text{Cnnav\_GUEecs}(45, 50)$$

si {ValGUEecs(1,2)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(1,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,3)\} * \text{Cnnav\_GUEecs}(35, 45)$$

si {ValGUEecs(1,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(1,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,2)\} * \text{Cnnav\_GUEecs}(30, 35)$$

2) les lignes sont complétées

si {ValGUEecs(2,2)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(2,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,2)\} * \text{Cnnam\_GUEecs}(2,5, -2,5)$$

si {ValGUEecs(2,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(2,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(2,2)\}$$

Pour Ilign allant de 1 à 2

si {ValGUEecs(3,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(3,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(2,\text{Ilign})\}$$

si {ValGUEecs(4,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(4,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(2,\text{Ilign})\}$$

si {ValGUEecs(5,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(5,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(2,\text{Ilign})\}$$

Pour Ilign allant de 3 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si {ValGUEecs(2,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(2,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(1,\text{Ilign})\} * \text{Cnnam\_GUEecs}(2,5, -2,5)$$

si {ValGUEecs(3,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(3,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(2,\text{Ilign})\} * \text{Cnnam\_GUEecs}(7,5, 2,5)$$

si {ValGUEecs(4,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(4,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(3,\text{Ilign})\} * \text{Cnnam\_GUEecs}(12,5, 7,5)$$

si {ValGUEecs(5,Ilign)} = 0

$$\{\text{ValGUEecs}(5,\text{Ilign})\} = \{\text{ValGUEecs}(4,\text{Ilign})\} * \text{Cnnam\_GUEecs}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.4.2.1.3 Calcul du que pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{amont}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEecs\_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am1}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am2}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValGUEch(i_{\theta am1}, i_{\theta av2})\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValGUEch(i_{\theta am2}, i_{\theta av2})\}$$

8.24.3.4.2.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines eau glycolée / eau est la suivante :

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	5						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	3						1	45/50
55	45	50	2						1	50/60
65	55	60	1						1	
				1	1	1	1	1		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 159 : Matrice des puissances absorbées pour les machine eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = -2,5 ; Tav = 60.

8.24.3.4.2.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

La fonction ECS étant activée toute l'année, T amont peut dépasser 20°C. En l'absence de valeurs de Pgazcons_{ECS} au delà de T amont 20°C, le Pgazcons_{ECS} à 20°C est utilisé. Si un Pgazcons_{ECS} au delà de 20°C est fourni, par exemple à 35°C, le Pgazcons_{ECS} de calcul à 20°C est remplacé par le Pgazcons_{ECS} de calcul à 35°C. Au-delà, le Cnn reste égal au Cnn à 35°C.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(1,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,4)\} = \{\text{ValPabs}(1,5)\} * \text{Cnav\_Pabs}(50, 60)$$

si {ValPabs (1,3)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,3)\} = \{\text{ValPabs}(1,4)\} * \text{Cnav\_Pabs}(45, 50)$$

si {ValPabs (1,2)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,2)\} = \{\text{ValPabs}(1,3)\} * \text{Cnav\_Pabs}(35, 45)$$

si {ValPabs (1,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,1)\} = \{\text{ValPabs}(1,2)\} * \text{Cnav\_Pabs}(30, 35)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l'ign allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si {ValPabs(2,l'ign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,l'ign)\} = \{\text{ValPabs}(1,l'ign)\} * \text{Cnam\_Pabs}(2,5, -2,5)$$

si {ValPabs (3,l'ign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(3,l'ign)\} = \{\text{ValPabs}(2,l'ign)\} * \text{Cnam\_Pabs}(7,5, 2,5)$$

si {ValPabs (4,l'ign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,l'ign)\} = \{\text{ValPabs}(3,l'ign)\} * \text{Cnam\_Pabs}(12,5, 7,5)$$

si {ValPabs (5,l'ign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(5,l'ign)\} = \{\text{ValPabs}(4,l'ign)\} * \text{Cnam\_Pabs}(17,5, 12,5)$$

8.24.3.4.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pgazcons\_pc}(h) = (1 - C_{\theta\text{am}}) * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{am}} * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{av}} * (1 - C_{\theta\text{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}2)\} + C_{\theta\text{am}} * C_{\theta\text{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}2)\}$$

8.24.3.4.2.3 Détermination de de la puissance électrique absorbée en ECS Paux

La matrice des puissances électriques Pauxpc des GAHP eau glycolée /eau est la suivante.

				Tamont (air extérieur)						
T aval (eau)			Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5		
35	25	30	5						1	30/35
40	30	35	4						1	35/45
50	40	45	3						1	45/50
55	45	50	2						1	50/60
65	55	60	1						1	
				1	1	1	1	1		
					2,5/-2,5	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 160 : Matrice de performance des machines eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $t_{am} = -2,5$; $T_{av} = 60$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.4.2.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 $Val_{col, ilign} \rightarrow siValCOR(icol, ilign) = , ValPauxecs(icol, ilign) = ValPauxecs(icol, ilign)$ $Val_{col, ilign} \rightarrow siValCOR(icol, ilign) = , ValPauxecs(icol, ilign) = ValPauxecs(icol, ilign)*1,1$ Si statut_données = 2 Si statut_Paux_pivot = 1 $ValPaux_{pivot_{inter}} = \max\{1,2*ValPauxecs_{pivot}; 0,0167*ValPabs(1,5)\}$ $ValPauxecs(1,5) = ValPaux_{pivot_{inter}}$ Si statut_paux_pivot = 2 $ValPaux_{pivot_{inter}} = \max(250 ; 0,02 * ValPabs(1,5))$ $ValPauxecs(1,5) = ValPaux_{pivot_{inter}}$	

8.24.3.4.2.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

La fonction ECS étant activée toute l'année, T_{amont} peut dépasser $20^{\circ}C$. En l'absence de valeurs de $Paux_{ECS}$ au delà de $T_{amont} 20^{\circ}C$, le $Paux_{ECS}$ à $20^{\circ}C$ est utilisé. Si un $Paux_{ECS}$ au delà de $20^{\circ}C$ est fourni, par exemple à $35^{\circ}C$, le $Paux_{ECS}$ de calcul à $20^{\circ}C$ est remplacé par le $Paux_{ECS}$ de calcul à $35^{\circ}C$. Au-delà, le Cnn reste égal au Cnn à $35^{\circ}C$.

Attention : les Cnn partent de la T_{amont} ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValPaux(1,4)\} = 0$

$$\{ValPaux(1,4)\} = \{ValPaux(1,5)\} * Cnnav\_Paux(50, 60)$$

si $\{ValPaux(1,3)\} = 0$

$$\{ValPaux(1,3)\} = \{ValPaux(1,4)\} * Cnnav\_Paux(45, 50)$$

si $\{ValPaux(1,2)\} = 0$

$$\{ValPaux(1,2)\} = \{ValPaux(1,3)\} * Cnnav\_Paux(35, 45)$$

si $\{ValPaux(1,1)\} = 0$

$$\{ValPaux(1,1)\} = \{ValPaux(1,2)\} * Cnnav\_Paux(30, 35)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$,

si $\{\text{ValPaux}(2, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(1, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Paux}(2, 5, -2, 5)$$

si $\{\text{ValPaux}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Paux}(7, 5, 2, 5)$$

si $\{\text{ValPaux}(4, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(3, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Paux}(12, 5, -7, 5)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam\_Paux}(17, 5, 12, 5)$$

8.24.3.4.2.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.24.3.4.2.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.4.3 GAHP eau / eau

Syst_Thermo_ECS = 3

Idfougen = 3 IdFluide_aval = 1

8.24.3.4.3.1 Détermination des GUE_{ECS}

Les conditions de fonctionnement de la fonction ECS couvrent des Taval jusqu'à 60°C et des températures jusqu'à T amont 17,5°C.

La matrice de performance (GUE_{ECS}) des GAHP eau /eau est celle des GUE_{ch} eau / eau haute température.

Les mêmes modalités qu'en chauffage s'appliquent.

8.24.3.4.3.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

Les conditions de fonctionnement de la fonction ECS couvrent des Taval jusqu'à 60°C et des températures jusqu'à T amont 17,5°C.

La matrice de puissance des GAHP ECS eau /eau est celle des GUE_{ch} eau / eau haute température.

Les mêmes modalités qu'en chauffage s'appliquent.

8.24.3.4.3.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en ECS Paux

Les conditions de fonctionnement de la fonction ECS couvrent des Taval jusqu'à 60°C et des températures jusqu'à T amont 17,5°C.

La matrice de puissance auxiliaire des GAHP ECS eau /eau est celle des GUE_{ch} eau / eau haute température.

Les mêmes modalités qu'en chauffage s'appliquent.

8.24.3.4.3.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.3.1.4

8.24.3.5 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode refroidissement (Idfonction = 2)

8.24.3.5.1 Refroidisseurs air / eau

Syst_Thermo_FR = 1

Idfougen = 2

IdFluide_aval = 1

8.24.3.5.1.1 Détermination des GUE_{fr}

La matrice de performances des machines air / eau est la suivante.

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)					Cnn	
Tdépart	Tretour	Taval		5	15	25	35	45		
Priorité				5	4	3	1	2		
1,5	6,5	4	5						0,9	4/9,5
7	12	9,5	1						1	
12,5	17,5	15	3						1,1	15/9,5
18	23	20,5	2						1,1	20,5/15
23,5	28,5	26	4						1,1	26/20,5
Cnn amont				1,15	1,15	1,2	1	0,8		
				5/15	15/25	25/35		45/35		

Figure 161 : Matrice de performance des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 35 ; Tav = 9.5 avec les options suivantes :

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes :

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
9.5 °C	35 °C
9.5°C, 20.5°C,	35 °C, 45 °C
9.5°C, 15 °C, 20.5°C	35 °C, 45 °C, 25°C,
9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	35 °C, 45 °C, 25°C, 15°C,
4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	35 °C, 45 °C, 25°C, 15°C, 5°C

Tableau 225 : Températures aux sources

8.24.3.5.1.1.1 Correction des valeurs de performance justifiées (une fois en début de simulation)

Si Type_cycle_FR = 1	val_util_max = 0,7
Si Type_cycle_FR = 2	val_util_max = 1,0
Si statut_données = 1	
$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValGUEfr}(\text{icol, ilign}) = \text{ValGUEfr}(\text{icol, ilign})$	
$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValGUEfr}(\text{icol, ilign}) = \text{ValGUEfr}(\text{icol, ilign}) * 0,9$	
Si statut_données = 2	
Si statut_valeur_pivot = 1	
$\text{ValGUE}_{\text{pivot\_inter}} = \min\{0,8 * \text{ValGUEfr}_{\text{pivot}}; \text{Val\_util\_max}\}$	
$\text{ValGUEfr}(4,2) = \text{ValGUE}_{\text{pivot\_inter}}$	
Si statut_valeur_pivot = 2	

$ValGUE_{pivot_{inter}} = 0,8 * Val_{util\_max}$ $ValGUE_{fr(4,2)} = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.5.1.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des Tamont $\geq$ Tamont critique et des Taval $\leq$ Taval critique, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE Tamont critique, Taval critique. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$$GUE\_Crit = \{ValGUE_{ch(4,3)}\}$$

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(4,1)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(4,1)}\} = \{ValGUE_{fr(4,2)}\} * Cnn_{av\_GUE_{fr}}(4, 9.5)$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(4,3)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(4,3)}\} = \{ValGUE_{fr(4,2)}\} * Cnn_{av\_GUE_{fr}}(15, 9.5)$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(4,4)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(4,4)}\} = \{ValGUE_{fr(4,3)}\}$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(4,5)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(4,5)}\} = \{ValGUE_{fr(4,3)}\}$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 3 à $N_{\theta_{aval}}$,

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(3,lalign)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(3, lalign)}\} = \{ValGUE_{fr(4,3)}\}$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(2, lalign)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(2, lalign)}\} = \{ValGUE_{fr(4,3)}\}$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(1, lalign)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(1, lalign)}\} = \{ValGUE_{fr(4,3)}\}$$

Pour lalign allant de 1 à 2,

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(3,lalign)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(3,lalign)}\} = \{ValGUE_{fr(4,lalign)}\} * Cnn_{am\_GUE_{fr}}(25, 35)$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(2,lalign)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(2,lalign)}\} = \{ValGUE_{fr(3,lalign)}\} * Cnn_{am\_GUE_{fr}}(15, 25)$$

$$\text{si } \{ValGUE_{fr(1,lalign)}\} = 0$$

$$\{ValGUE_{fr(1,lalign)}\} = \{ValGUE_{fr(2,lalign)}\} * Cnn_{am\_GUE_{fr}}(5, 15)$$

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si {ValGUEfr(5,lign)} = 0

$$\{\text{ValGUEfr}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_GUEfr}(45, 35)$$

8.24.3.5.1.1.3 Calcul du Gue pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{\text{amont}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{\text{aval}}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\text{GUEfr\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValGUEfr}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValGUEfr}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValGUEfr}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValGUEfr}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.24.3.5.1.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances gaz absorbées des machines air / eau est la suivante :

T aval (eau)			Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Tam >	5	15	25	35	45	
			Priorité	5	4	3	1	2	
1,5	6,5	4	5						1
7	12	9,5	1						1
12,5	17,5	15	3						1
18	23	20,5	2						1
23,5	28,5	26	4						1
				1,03	1,03	1,03	1	0,97	
				5/15	15/25	25/35		45/35	

Figure 162 : Matrice des puissances gaz absorbées pour les machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 35 ; Tav = 9.5.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des GUEfr.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

8.24.3.5.1.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(4,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,1)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(4, 9.5)$$

si {ValPabs(4,3)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,3)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(15, 9.5)$$

si {ValPabs(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,4)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnnav\_Pabs}(20.5, 15)$$

si {ValPabs(4,5)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,5)\} = \{\text{ValPabs}(4,4)\} * \text{Cnav\_Pabs}(26, 20.5)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à N_{taval} ,

si $\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(25, 35)$$

si $\{\text{ValPabs}(2, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(2, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(3, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(15, 25)$$

si $\{\text{ValPabs}(1, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(1, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(2, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(5, 15)$$

si $\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam\_Pabs}(45, 35)$$

8.24.3.5.1.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pconsgaz\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.5.1.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en refroidissement Paux

La matrice des puissances électriques absorbées des GAHP air /eau est la suivante :

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval		5	15	25	35	45		
			Priorité	5	4	3	1	2		
1,5	6,5	4	5						1	4/9,5
7	12	9,5	1						1	
12,5	17,5	15	3						1	15/9,5
18	23	20,5	2						1	20,5/15
23,5	28,5	26	4						1	26/20,5
				0,9	0,9	0,9	1	1		
				5/15	15/25	25/35		45/35		

Figure 163 : Matrice des puissances électriques absorbées des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 35 ; Taval = 9,5.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.5.1.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValPauxfr}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxfr}(\text{icol, ilign})$ $\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) = , \text{ValPauxcfr}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxfr}(\text{icol, ilign}) * 1,1$ Si statut_données = 2 Si statut_Paux_pivot = 1 $\text{ValPaux}_{\text{pivot\_inter}} = \max\{1, 2 * \text{ValPauxfr}_{\text{pivot}}; 0,0416 * \text{ValPabs}(4,2)\}$ $\text{ValPauxfr}(4,2) = \text{ValPaux\_pivot\_inter}$ Si statut_paux_pivot = 2 $\text{ValPaux\_pivot\_inter} = \max(400 ; 0,05 * \text{ValPabs}(4,2))$ $\text{ValPauxfr}(4,2) = \text{ValPaux\_pivot\_inter}$	

8.24.3.5.1.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{\text{ValPaux}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,1)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnav\_Paux}(4, 9,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(4,3)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,3)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnav\_Paux}(15, 9,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(4,4)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,4)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnav\_Paux}(20,5, 15)$$

si $\{\text{ValPaux}(4,5)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,5)\} = \{\text{ValPaux}(4,4)\} * \text{Cnav\_Paux}(26, 20,5)$$

2. les lignes sont complétées

Pour llign allant de 1 à $N_{\theta \text{aval}}$,

si $\{\text{ValPaux}(3, \text{llign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, \text{llign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{llign})\} * \text{Cnam\_Paux}(25, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(2, \text{llign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, \text{llign})\} = \{\text{ValPaux}(3, \text{llign})\} * \text{Cnam\_Paux}(15, 25)$$

si $\{\text{ValPaux}(1, \text{llign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, \text{llign})\} = \{\text{ValPaux}(2, \text{llign})\} * \text{Cnam\_Paux}(5, 15)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, \text{llign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, \text{llign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{llign})\} * \text{Cnam\_Paux}(45, 35)$$

8.24.3.5.1.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.5.1.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

Les puissances fournies à conditions pleine charge non nominales sont égales au produit de la puissance absorbée et du GUE.

Si la puissance requise par le réseau est supérieure à la puissance disponible, l'énergie restante est en sortie de ce module. Elle pourra alors être fournie par un générateur d'appoint ou reportée au pas de temps suivant.

$$\text{Pfou\_pc\_brut}(h) = \text{Pgazcons\_pc}(h) * \text{GUEfr\_pc}(h)$$

si $\text{Lim\_Theta} = 0$

$$\text{Pfou\_pc}(h) = \text{Pfou\_pc\_brut}(h)$$

$$Q_{\text{rest\_act}} = \max \{0 ; Q_{\text{req\_act}} - \text{Pfou\_pc}(h)\}$$

sinon si $\text{Lim\_Theta} = 1$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) > \text{Theta\_max\_am}$ **ou** si $\theta_{\text{aval}}(h) < \text{Theta\_min\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}} = Q_{\text{req\_act}} \text{ et } \text{Pfou\_pc}(h) = 0$$

sinon si $\text{Lim\_Theta} = 2$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) > \text{Theta\_max\_am}$ **et** si $\theta_{\text{aval}}(h) < \text{Theta\_min\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}} = Q_{\text{req\_act}} \text{ et } \text{Pfou\_pc}(h) = 0$$

8.24.3.5.1.5 Limites de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement possibles sont définies par le constructeur. Elles s'expriment en termes de valeur basse de la température départ aval Theta_min_av et valeur haute de température amont Theta_max_am , ou en combinaison de deux valeurs.

Par exemple, $\text{Theta\_min\_av} = 5^\circ\text{C}$ indique que la machine ne peut pas fonctionner si la température départ réseau est inférieure à 5°C . Ceci indique un manque de cohérence entre la caractéristique du réseau et des émetteurs et la machine. La machine ne fonctionne alors pas.

Par exemple, $\text{Theta\_max\_am} = 40^\circ\text{C}$ indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est supérieure à 40°C .

($\text{Theta\_min\_av} = 5^\circ\text{C}$, $\text{Theta\_max\_am} = 40^\circ\text{C}$) indique que la machine ne fonctionne pas si les deux conditions sont simultanément remplies.

8.24.3.5.2 Refroidisseurs eau / eau

Syst_Thermo_FR = 2

Idfougen = 2

IdFluide_aval = 1

8.24.3.5.2.1 Détermination des GUE_{fr}

La matrice de performances des machines eau / eau est la suivante.

				Tamont (eau de tour)							
				Tdépart	5	15	25	35	45		
				Tretour	0	10	20	30	40		
T aval (eau)			Tam >	2,5	12,5	22,5	32,5	42,5			
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	4	3	2	1	5			
1,5	6,5	4	5						0,95	4/9,5	
7	12	9,5	1						1		
12,5	17,5	15	3						1,05	15/9,5	
18	23	20,5	2						1,1	20,5/15	
23,5	28,5	26	4						1,05	26/20,5	
				1,1	1,15	1,1	1	0,9			
				2,5/12,5	12,5/22,5	22,5/32,5		42,5/32,5			

Figure 164 : Matrice de performance des machines eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 32,5 ; Tav = 9.5 avec les options suivantes :

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes :

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
9.5°C	32,5°C
9.5°C, 20.5°C,	32,5°C, 22,5°C,
9.5°C, 15 °C, 20.5°C	32,5°C, 22,5°C,12,5°C,
9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26°C	32,5°C, 22,5°C,12,5°C, 2,5°C,
4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26°C	32,5°C, 22,5°C, 12,5°C, 2,5°C, 42,5°C,

Tableau 226 : Températures aux sources

8.24.3.5.2.1.1 Correction des valeurs de performance justifiées (une fois en début de simulation)

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.5.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUE_{fr}(4,2) = ValGUE_{pivot\_inter}$	

8.24.3.5.2.1.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les GUE non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios dénommés Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Toutefois, en l'absence de valeurs mesurées pour des $T_{\text{amont}} \geq T_{\text{amont critique}}$ et des $T_{\text{aval}} \leq T_{\text{aval critique}}$, tous les GUE de cette zone sont pris égaux au GUE $T_{\text{amont critique}}$, $T_{\text{aval critique}}$. Les Cnn amont et aval ne sont donc pas utilisés dans cette zone car non pertinents.

$$\text{GUE\_Crit} = \{\text{ValGUEch}(3,2)\}$$

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,1)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav\_GUEfr}(4, 9.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,3)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav\_GUEfr}(15, 9.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,4)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,3)\} * \text{Cnnav\_GUEfr}(20.5, 15)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,5)\} = 0$$

$$\{\text{ValvGUEfr}(4,5)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,4)\} * \text{Cnnav\_GUEfr}(20.5, 26)$$

2) les lignes sont complétées

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,1)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,1)\} * \text{Cnnav\_GUEfr}(22,5, 32.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,2)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav\_GUEfr}(22,5, 32,5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,3)\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,4)\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,5)\} = 0$$

$$\{\text{ValvGUEfr}(3,5)\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

Pour l'ign allant de 2 à N_{daval} ,

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(1, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(1, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

Pour l'ign allant de 1 à 1,

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(3, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_GUEfr}(12,5, 22,5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(1, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(1, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_GUEfr}(2,5, 12,5)$$

Pour l'ign allant de 1 à N_{daval} ,

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(5, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnam\_GUEfr}(42,5, 32,5)$$

8.24.3.5.2.1.3 Calcul du Gue pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Algorithme pour $\theta_{amont}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.24.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEfr\_pc(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{ValGUEfr(i_{\theta am1}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{ValGUEfr(i_{\theta am2}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{ValGUEfr(i_{\theta am1}, i_{\theta av2})\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{ValGUEfr(i_{\theta am2}, i_{\theta av2})\}$$

8.24.3.5.2.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances gaz absorbées des machines eau / eau est la suivante :

				Tamont (eau de tour)							
				Tdépart	5	15	25	35	45		
				Tretour	0	10	20	30	40		
T aval (eau)			Tam >	2,5	12,5	22,5	32,5	42,5			
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	4	3	2	1	5			
1,5	6,5	4	5						1	4/9,5	
7	12	9,5	1						1		
12,5	17,5	15	3						1	15/9,5	
18	23	20,5	2						1	20,5/15	
23,5	28,5	26	4						1	26/20,5	
				1	1	1	1	1			
				2,5/12,5	12,5/22,5	22,5/32,5		42,5/32,5			

Figure 165 : Matrice des puissances gaz absorbées pour les machines eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 32,5 ; Tav = 9.5.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des GUEfr.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

8.24.3.5.2.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPabs(4,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,1)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnav\_Pabs}(4, 9.5)$$

si {ValPabs(4,3)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,3)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnav\_Pabs}(15, 9.5)$$

si {ValPabs(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,4)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnav\_Pabs}(20.5, 15)$$

si {ValPabs(4,5)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,5)\} = \{\text{ValPabs}(4,4)\} * \text{Cnav\_Pabs}(26, 20.5)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si {ValPabs(3,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPabs}(3,l_{lign})\} = \{\text{ValPabs}(4,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(22,5, 32,5)$$

si {ValPabs(2,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,l_{lign})\} = \{\text{ValPabs}(3,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(12,5, 22,5)$$

si {ValPabs(1,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,l_{lign})\} = \{\text{ValPabs}(2,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(2,5, 12,5)$$

si {ValPabs(5,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPabs}(5,l_{lign})\} = \{\text{ValPabs}(4,l_{lign})\} * \text{Cnam\_Pabs}(42,5, 32,5)$$

8.24.3.5.2.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pconsgaz\_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

8.24.3.5.2.3 Détermination de la puissance électrique absorbée en refroidissement Paux

La matrice des puissances électriques absorbées des GAHP air /eau est la suivante :

				Tamont (eau de tour)							
				Tdépart	5	15	25	35	45		
				Tretour	0	10	20	30	40		
T aval (eau)			Tam >	2,5	12,5	22,5	32,5	42,5			
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	4	3	2	1	5			
1,5	6,5	4	5						1	4/9,5	
7	12	9,5	1						1		
12,5	17,5	15	3						1	15/9,5	
18	23	20,5	2						1	20,5/15	
23,5	28,5	26	4						1	26/20,5	
				1	1	1	1	1			
				2,5/12,5	12,5/22,5	22,5/32,5		42,5/32,5			

Figure 166 : Matrice des puissances électriques absorbées des machines eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 32,5 ; Tav = 9,5.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.24.3.5.2.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) = , ValPauxfr(icol, ilign) = ValPauxfr(icol, ilign) Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) = , ValPauxcfr(icol, ilign) = ValPauxfr(icol, ilign)*1,1 Si statut_données = 2 Si statut_Paux_pivot = 1 $ValPaux_{pivot\_inter} = \max\{1,2*ValPauxfr_{pivot}; 0,0167*ValPabs(4,2)\}$ $ValPauxfr(4,2) = ValPaux\_pivot\_inter$ Si statut_paux_pivot = 2 $ValPaux\_pivot\_inter = \max(200 ; 0,02 * ValPabs(4,2))$ $ValPauxfr(4,2) = ValPaux\_pivot\_inter$	

8.24.3.5.2.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculés par défaut à partir des Cnn amont et Cnn aval mentionnés dans la matrice.

Attention : les Cnn partent de la T amont ou aval pivot et évoluent de proche en proche. Ils ne sont donc pas toujours rapportés à cette dernière.

1) La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValPaux(4,1)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,1)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnnav\_Paux}(4, 9,5)$$

si {ValPaux(4,3)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,3)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnnav\_Paux}(15, 9,5)$$

si {ValPaux(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,4)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnnav\_Paux}(20,5, 15)$$

si {ValPaux(4,5)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,5)\} = \{\text{ValPaux}(4,4)\} * \text{Cnnav\_Paux}(26, 20,5)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à N_{θ_{aval}},

si {ValPaux(3,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(3,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPaux}(4,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_Paux}(22,5, 32,5)$$

si {ValPaux(2,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPaux}(3,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_Paux}(12,5, 22,5)$$

si {ValPaux(1,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(1,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPaux}(2,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_Paux}(2,5, 12,5)$$

si {ValPaux(5,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(5,l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPaux}(4,l_{\text{lign}})\} * \text{Cnnav\_Paux}(42,5, 32,5)$$

8.24.3.5.2.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux\_pc}(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta am 1}, i_{\theta av 1})\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta am 2}, i_{\theta av 1})\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta am 1}, i_{\theta av 2})\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta am 2}, i_{\theta av 2})\}$$

8.24.3.5.2.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.24.3.5.1.4

8.24.3.6 *Fonctionnement à charge partielle ou nulle, pour Idfonction = 1, 2, 3*

Cette partie concerne l'ensemble des systèmes pris en compte dans cette fiche, qu'ils fonctionnent en chauffage, en refroidissement ou en ECS.

8.24.3.6.1 Calcul de la performance

La consommation à charge partielle résulte des 2 phénomènes :

- La consommation de gaz du brûleur lors de la phase de fonctionnement établi, **Pgaz**,
- La consommation équivalente du brûleur résultant des pertes lors des phases d'arrêt/démarrage, **Pgazma**.

La consommation électrique des auxiliaires, **Paux**, à charge partielle dépend en partie de la puissance gaz consommée (on exprime les valeurs en Wh/h, soit en W).

Sur un pas de temps donné, on connaît θ_{amont} , θ_{aval} et donc GUE_{pc}, Pfou_{pc}, Pgazcons_{pc} et Paux_{pc}.

8.24.3.6.2 Calcul du GUE à charge partielle

On calcul GUE_{LR} par :

$$\text{GUE}_{\text{LR}} = \text{Pfou}_{\text{LR}} / \text{Pgaz}_{\text{consLR}} = \text{CCP}_{\text{LR}} * \text{GUE}_{\text{pc}}$$

On calcul Pgaz_{cons_LR} par :

$$\text{Pgaz}_{\text{cons\_LR}} = \text{Pgaz}_{\text{LR}} + \text{Pgazma}_{\text{LR}} \quad (1340)$$

En fonctionnement à charge partielle, on distingue deux cas :

- le brûleur fonctionne en variation continue de puissance,
- le brûleur fonctionne en mode tout ou rien.

8.24.3.6.2.1 *Fonctionnement en mode continu du brûleur*

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable (Fonc_brûl = 1) lorsque :

$$\text{Pfou}_{\text{LR}} \geq (\text{Pfou}_{\text{pc\_brut}} * \text{LR}_{\text{contmin}})$$

Avec :

$$\text{LR} = \text{Pfou}_{\text{LR}} / \text{Pfou}_{\text{pc\_brut}}$$

$$\text{Pfou}_{\text{LR}} = \min \{ Q_{\text{req\_act}} ; \text{Pfou}_{\text{pc}} \}$$

On caractérise la valeur minimale de charge « utile » en fonctionnement continu, LR_{contmin}, et la valeur de Ccp correspondante, CCP_{LRcontmin}.

LR_{contmin} et Ccp_{LRcontmin} peuvent être obtenus par des essais à Tamont_{pivot} et Taval_{pivot}.

En absence d'essais, des valeurs par défaut sont utilisées.

On admet que Ccp, égal à GUE_{LR}/GUE_{pc}, varie linéairement sur la plage LR_{contmin} ; 1 :

$$\text{CCP}_{\text{LR}} = 1 + \text{Acont} / \text{GUE}_{\text{pc}} * (1 - \text{LR}) \quad (1341)$$

La pente de cette droite, dénommée A_{cont} , est déterminée par l'équation suivante pour un LR légèrement supérieur à $LR_{contmin}$:

$$A_{cont} = GUE_{pc} * (CCP_{LR_{contmin}} - 1) / (1 - LR_{LR_{contmin}}) \quad (1342)$$

Nota : un changement du jeu de températures amont/aval ne nécessite pas de modification de la valeur de A_{cont} ainsi déterminée.

- P_{gaz} est calculé selon l'équation suivante :

$$P_{gaz_{LR}} = P_{fou_{LR}} / (CCP_{LR} * GUE_{pc})$$

$$P_{gaz_{ma_{LR}}} = 0 \quad (1343)$$

8.24.3.6.2.2 Fonctionnement en cycle marche arrêt du brûleur

On rencontre ce type de fonctionnement :

- avec les machines à régulation de brûleur tout ou rien ($Fonc_{br\hat{u}l} = 2$) ($LR_{contmin} = 1$),
- avec les machines à régulation de puissance variable ($Fonc_{br\hat{u}l} = 1$), lorsque :

$$P_{fou_{LR}} < (P_{fou_{pc\_brut}} * LR_{contmin})$$

Avec :

$$LR = P_{fou_{LR}} / P_{fou_{pc\_brut}}$$

$$P_{fou_{LR}} = \min \{Q_{req\_act} ; P_{fou_{pc}}\}$$

Le brûleur fonctionne en cycle marche arrêt. La marche correspond au valeur de $LR_{contmin}$ définie au paragraphe précédent.

En valeur moyenne sur une heure :

- **P_{gaz}** varie linéairement entre 0 pour $LR = 0$ et $P_{gaz_{cons\_LR_{contmin}}}$ pour LR correspondant à $LR_{contmin}$. P_{gaz} est calculé selon l'équation suivante :

avec	$P_{gaz_{LR}} = P_{gaz_{cons\_LR_{contmin}}} * LR_{rel}$ $LR_{rel} = LR / LR_{contmin}$	(1344)

- **$P_{gaz_{ma}}$** est nulle à charge nulle et à charge $LR_{contmin}$.

A l'intérieur de cette plage, **$P_{gaz_{ma}}$** est égal à :

et	$P_{gaz_{ma\_LR}} = P_{gaz_{cons\_LR_{contmin}}} * Deq / T_{cyc} + Pertes / Rdt_{comb} * (1 - LR_{rel})$ $1/T_{cyc} = LR_{rel} * (1 - LR_{rel}) / D_{fou0}$	(1345)

Deq est la durée équivalente liée aux irréversibilités, c'est une caractéristique de la machine.

$Pertes$ représente les pertes de la machine durant les phases d'arrêt, ramenées à la température ambiante de la génération :

$$Pertes = Pertes_{40^{\circ}C} * \frac{60 - \theta_{amb}(h)}{40} \quad (1346)$$

Dfou0 : durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond simplement au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le brûleur fonctionne. Dfou0 est donc calculé sur la base de P_{fouLRContmin}.

Le tableau ci-dessous en donne les valeurs.

Inertie	Forte	Moyenne	Légère	Très légère
Typologie	Planchers et plafonds chauffants ou rafraîchissants intégrés au bâti (forte inertie)	Radiateurs, plafonds chauffants ou rafraîchissants d'inertie moyenne	Ventilo-convecteurs (valeur par défaut pour la distribution à eau), plafonds chauffants ou rafraîchissants d'inertie faible	Systèmes à air
Dfou0 (min)	32	19	6	2

Figure 167 : Valeurs conventionnelles de Dfou0 à pleine puissance

Le paramètre Deq est fixé conventionnellement aux valeurs suivantes selon la technologie et la fonction de la machine :

Deq en minutes	air/eau	eau glycolée/eau, eau/eau
Chauffage	0,5	1,3
Refroidissement	0,5	1,5
ECS	2,1	2,9

Tableau 227: Valeurs conventionnelles de Deq pour les machines à absorption gaz

Les pertes P_{ertes40°C} et le rendement R_{dt_{comb}_pivot} peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut (cf § « Valeurs déclarées et par défaut »).

En valeur moyenne sur une heure, la valeur des pertes à utiliser dans le calcul est celle des pertes par les parois du point pivot car on considère que la baisse, durant la durée d'arrêt, de la puissance des pertes par les parois est « compensée » par celle liée au tirage naturel résiduel.

Nota : dans le cas général, ni P_{gazcons} ni le GUE ne sont linéaires. Si P_{gaz_{ma}} est négligeable, les pertes sont fonction de LR (et pas le GUE).

8.24.3.6.2.3 Calcul de Paux à charge partielle

On calcule Paux_{LR} par

$$Paux = \text{Min}(Paux_{pc} ; Paux0 + (Paux_{pc} - Paux0) * LR_{rel})$$

8.24.3.6.2.4 Fonctionnement à charge nulle

Dans ce cas :

- la puissance gaz absorbée (P_{gazcons0}) est nulle ;
- la puissance électrique absorbée est celle des auxiliaires à charge nulle (Paux0), sauf si la machine elle-même est hors tension.

8.24.3.6.2.5 Fonctionnement avec appoint

On considère ici un appoint de n'importe quel type. Le fonctionnement du GAHP (refroidisseur) est prioritaire. Au delà du taux de charge de 1, l'appoint est utilisé et sa ou ses consommations ajoutée(s) aux précédentes.

8.24.3.6.3 Mode ECS

Cette partie concerne les systèmes pris en compte dans cette fiche lorsqu'ils fonctionnent en mode ECS (GAHP), de type air - eau, eau glycolée – eau et eau - eau.

La valeur de $P_{gaz_{conspc\_ECS}}$ peut être identique ou différente de $P_{gaz_{cons\_pc}}$ en mode chauffage.

Le mode de régulation du brûleur en mode ECS peut être identique ou différent de celui en mode chauffage (cf § « Valeurs déclarées et par défaut »).

Que le couple $P_{gaz_{conspc\_ECS}}$ / mode de régulation brûleur soit identique ou différent de celui en mode chauffage, les modalités de calcul du GUE et de la puissance électrique absorbée à charge partielle ou nulle en mode ECS sont identiques à celles en mode chauffage.

Les valeurs par défaut à utiliser sont données au paragraphe « Valeurs déclarées et par défaut. ».

8.24.3.6.4 Calcul final des données de sortie

On génère les résultats sous une forme directement utilisable pour les calculs concaténés de C selon le type d'usage (postes) et le type d'énergie.

Les lignes représentent les différentes postes de consommations associés au composant générateur. Les colonnes correspondent aux différents types d'énergie.

En Wh	10:Gaz	20:Fioul	30: Charbon	40: Bois	50: Electricité	60: Réseau de chaleur
1 : Chauffage	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			
2: Refroidiss.	$Q_{cef(2;10)}$	...				
3 : ECS	...					...

Tableau 228: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef} (poste;énergie) \}$

$$Q_{cef(idfonction;id\_engen)} = P_{gaz_{cons\_LR}} * Rdim \quad (1347)$$

Taux de charge

Si $P_{fou\_pc\_brut} = 0$ alors $T_{charge} = 0$

Sinon

$$r_{charge} = \frac{P_{fou\_LR}}{P_{fou\_pc\_brut}} \quad (1348)$$

Consommation des auxiliaires

$$W_{aux,pro} = P_{aux} * Rdim \quad (1349)$$

Performances

si $id_{fonction} = 1$

$$\eta_{eff}(h) = GUEch_{LR} \quad (1350)$$

si $id_{fonction} = 2$

$$\eta_{eff}(h) = GUEfr_{LR} \quad (1351)$$

si $id_{fonction} = 3$

$$\eta_{eff}(h) = GUEecs_{LR} \quad (1352)$$

Energie fournie

$$P_{fou} = P_{fou\_LR} * Rdim \quad (1353)$$

Energie restant à fournir

$$Q_{rest} = Q_{rest\_act} * Rdim \quad (1354)$$

Rejet dans le cas d'un générateur thermodynamique

Dans le cas des générateurs thermodynamiques uniquement ($503 \leq id_{type} \leq 509$), on calcule le rejet, nécessaire à la modélisation de la source amont au pas de temps suivant. Le rejet est comptabilisé négativement en chauffage et ECS, et positivement en froid :

Si fonctionnement en chauffage ou ECS, alors

$$\phi_{rejet} = MIN(0; P_{gaz\_cons\_LR} - P_{fou\_LR}) * Rdim \quad (Wh) \quad (1355)$$

Sinon

$$\phi_{rejet} = (P_{gaz\_cons\_LR} + P_{fou\_LR}) * Rdim \quad (Wh) \quad (1356)$$

8.24.3.6.4.1 Valeurs déclarées et par défaut

- Le type de fonctionnement du brûleur retenu par défaut est tout ou rien : *Fonc_brûl* = « 1 : Fonctionnement en mode continu du brûleur ou en cycles marche arrêt »,
- Par défaut, on retient l'absence d'échangeur eau chauffage / fumées : *id_echangeur* = « 0 : pas d'échangeur ».
- Le type de cycle à absorption en refroidissement (*Cycle_fr*) ne possède pas de valeur par défaut.
- Pour les autres caractéristiques, à savoir : *LRcontmin*, *CcpLRcontmin*, *Paux0*, *Pertes* et *Rdtcomb*
 - Valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. La valeur saisie est la valeur utilisée dans le calcul.
 - Valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. Les corrections suivantes sont appliquées :

$$LR_{contmin} = LR_{contmin} \text{ mesuré} + 0,1 \quad (1357)$$

$$Ccp_{LRcontmin} = 0,9 \times Ccp_{LRcontmin} \text{ mesuré} \quad (1358)$$

$$Paux0 = 1,1 \times Paux0 \text{ mesuré} \quad (1359)$$

$$Pertes_{40^\circ C} = 1,1 \times Pertes_{40^\circ C} \text{ pivot mesurées} \quad (1360)$$

Rendement de combustion, *Rdtcomb* :

- en refroidissement : $Rdt_{comb} = 0,95 \times Rdt_{comb} \text{ pivot mesuré}$
- en chauffage : (1361)

Si $id_{echangeur} = \ll 0 : \text{pas d'échangeur} \gg$: $Rdt_{comb} = 0,95 \times Rdt_{comb} \text{ pivot mesuré}$

Sinon (« 1 : avec échangeur ») :

$$Rdt_{comb} = 1,1 \cdot Rdt_{comb} \text{ pivot mesuré} - 0,12$$

- en production d'ECS :

Si $id_{échangeur} = \ll 0 : \text{pas d'échangeur} \gg$: $Rdt_{comb} = 0,90 \cdot Rdt_{comb} \text{ pivot chauffage mesuré}$

Sinon (« 1 : avec échangeur »), $Rdt_{comb} = 0,95 \cdot Rdt_{comb} \text{ pivot mesuré}$

- Si les valeurs n'entrent pas dans l'un des deux statuts ci-dessous, on retient les valeurs par défaut suivante :

$LR_{contmin}$:

- en chauffage ou refroidissement : $LR_{contmin} = 0,70$ (1362)

- en production ECS : $LR_{contmin} = 0,65$

$Ccp_{LRcontmin}$:

- en chauffage ou refroidissement : $Ccp_{LRcontmin} = 0,90$ (1363)

- en production ECS : $Ccp_{LRcontmin} = 0,75$

$Paux0$:

- en mode chauffage ou production ECS :

Si $P_{nom} \leq 20kW$, $Paux0 = 30 \text{ W}$,

Si $P_{nom} \geq 400kW$, $Paux0 = 300 \text{ W}$,

Sinon, $Paux0 = 30 + \frac{300-30}{400-20} \cdot (P_{nom} - 20)$ ($Paux0$ en W, P_{nom} en kW) (1364)

- en mode refroidissement :

Si $P_{nom} \leq 20kW$, $Paux0 = 30 \text{ W}$,

Si $P_{nom} \geq 200kW$, $Paux0 = 600 \text{ W}$,

Sinon, $Paux0 = 30 + \frac{600-30}{200-20} \cdot (P_{nom} - 20)$ ($Paux0$ en W, P_{nom} en kW)

$Pertes_{40^\circ C}$:

- en chauffage :

Si $P_{nom} \leq 20kW$, $Pertes_{40^\circ C} = 900 \text{ W}$,

Si $P_{nom} \geq 400kW$, $Pertes_{40^\circ C} = 5500 \text{ W}$,

Sinon, $Pertes_{40^\circ C} = 900 + \frac{5500-900}{400-20} \cdot (P_{nom} - 10)$ ($Pertes_{40^\circ C}$ en W, P_{nom} en kW)

- en refroidissement : (1365)

Si $P_{nom} \leq 10kW$, $Pertes_{40^\circ C} = 900 \text{ W}$,

Si $P_{nom} \geq 200kW$, $Pertes_{40^\circ C} = 5500 \text{ W}$,

Sinon, $Pertes_{40^\circ C} = 900 + \frac{5500-900}{200-10} \cdot (P_{nom} - 10)$ (avec $Pertes_{40^\circ C}$ en W, P_{nom} en kW)

- en production ECS : $Pertes_{40^\circ C}$ est calculé comme en chauffage (ci-dessus), puis multiplié par un coefficient 1,1.

Rendement de combustion Rdt_{comb} :

- en mode refroidissement : (1366)

$$Rdt_{comb} = 0,80$$

- en mode chauffage :

Si $id_{echangeur} = \ll 0 : \text{pas d'échangeur} \gg : Rdt_{comb} = 0,80$

Sinon ($\ll 1 : \text{avec échangeur} \gg$), $Rdt_{comb} = 1,10 - 0,003 \cdot (Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}}) + 5^{\circ}\text{C})$

Où $Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$ est la température aval la plus élevée dans les matrices de performance de la machine. Par exemple $Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}}) = 50^{\circ}\text{C}$ (régime d'eau 55/45°C) pour la GAHP air/eau classique.

- en mode ECS :

Si $id_{echangeur} = \ll 0 : \text{pas d'échangeur} \gg : Rdt_{comb} = 0,80$

Sinon ($\ll 1 : \text{avec échangeur} \gg$), $Rdt_{comb} = 0,92$

8.25 C_Gen_PAC Moteur_Gaz

8.25.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithmique traite la modélisation des pompes à chaleur réversibles à compression par moteur thermique alimenté au gaz naturel de technologie « air extérieur/air recyclé », noté PAC MG air/air par la suite. Pour ce type de machines, destinées à assurer le chauffage et le refroidissement d'un ensemble de locaux, la distribution d'énergie fait partie intégrante de la machine (Débit de Réfrigérant Variable). Une fonction de production d'ECS indirecte par récupération de chaleur sur le moteur peut également être mise en œuvre selon les projets.

La figure suivante représente le fonctionnement détaillé du mode chauffage

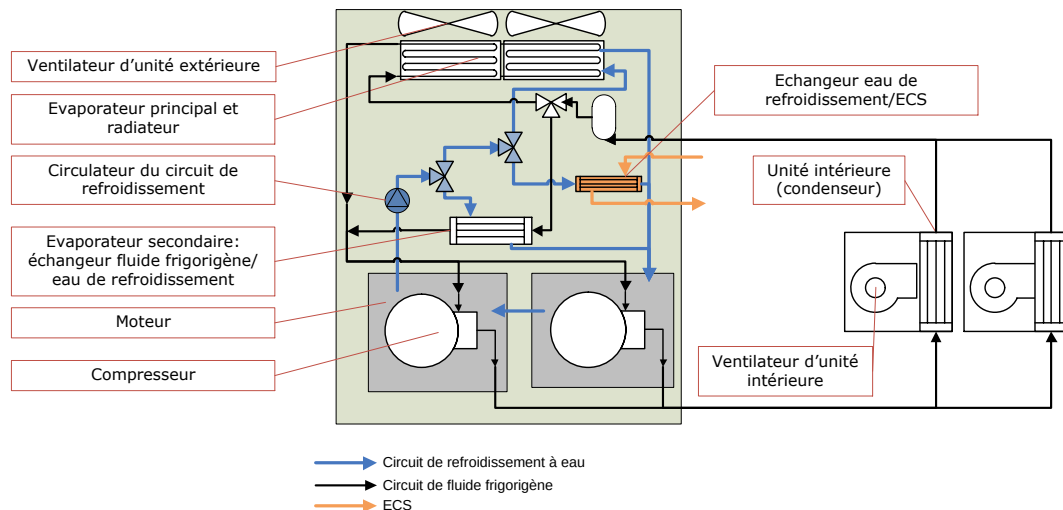


Figure 168 – Représentation du fonctionnement en mode chauffage

8.25.2 NOMENCLATURE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont (type air)	°C
$\theta_{aval(ch)}(h)$ $\theta_{aval(fr)}(h)$	Température de la source aval (type air)	°C
$\theta_{aval(ecs)}(h)$	Température en aval de l'échangeur de production ECS indirecte	°C
$Q_{req(ch)}(h)$ $Q_{req(fr)}(h)$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	Wh
$id_{fonction}(h)$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : <i>chauffage</i> 2 : <i>refroidissement</i>	Ent

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage: 1</i> <i>Refroidissement : 2</i>	Ent			
Cat	Catégorie de générateur : <i>800: générateur thermodynamique dont le compresseur est entraîné par un moteur alimenté au gaz</i>	Ent			503
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Gaz : 1</i>	Ent	1	69	50
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : <i>1 : eau</i> <i>2 : air</i>	Ent	1	2	
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>2 : air</i>	Ent	1	3	
$Syst\_thermo\_ch/fr$	Technologie du générateur en chauffage/refroidissement : <i>2 : PAC air extérieur / eau</i> <i>3: PAC air extérieur / air recyclé</i>	Ent	1	-	
$\{\theta_{aval}(i)\}$	Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	Voir selon technologie
$\{\theta_{amont}(j)\}$	Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
$N_{\theta_{aval}}$	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
$N_{\theta_{amont}}$	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
$\theta_{am,ms}$	Température seuil de basculement en dessous de laquelle l'évaporateur secondaire est seul à être utilisé (mode chauffage)	°C			-3
$Statut_{données\_PC}$	Statut des performances à pleine charge renseignées : <i>1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées</i> <i>2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	
Production d'ECS indirecte					
$Statut_{données\_ECS}$	Statut de l'efficacité de production indirecte d'ECS : <i>0 : Production indirecte d'ECS dont l'efficacité n'est pas connue (valeur par défaut)</i> <i>1 : Production indirecte d'ECS dont l'efficacité est déclarée par le fabricant</i> <i>2 : Production indirecte d'ECS dont l'efficacité est justifiée</i> <i>3 : Production indirecte d'ECS dont l'efficacité est certifiée</i>	Ent	0	3	
$\theta_{ECS,max}$	Température maximale de sortie du moteur pour la production indirecte ECS.	°C	0	90	75
$\theta_{aval(ecs),nom}$	Température moyenne nominale en aval de l'échangeur de production indirecte d'ECS	°C	0	90	55

$P_{pompe,ECS}$	Puissance absorbée par la pompe de charge de la production ECS indirecte (pompe extérieure à la machine).	W	0	$+\infty$

Saisie des performances certifiées ou justifiées

$\{Statut(i,j)\}$	Matrice des statuts de données : 1 : valeur certifiée, 2 : valeur justifiée.	{Ent}	1	2
$\{GUE(i,j)\}$ $\{EER(i,j)\}$	Matrice des performances en mode chauffage (GUE)/refroidissement (EER) selon les températures amont et aval avant correction	{-}	0	$+\infty$
$\{P_{abs}(i,j)\}$	Matrice des puissances absorbées en gaz selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$
$\{P_{aux,uext}(i,j)\}$	Matrice des puissances électriques d'auxiliaires des unités extérieures absorbées	{kW}	0	$+\infty$
$\{\eta_{th,ecs}(i,j)\}$	Efficacité de la production indirecte d'ECS en mode chauffage/refroidissement ramenée à P_{abs} , dans les conditions du point pivot	{-}	0	$+\infty$

Saisie des performances déclarées ou par défaut

$Statut[GUE_{pivot}]$ $Statut[EER_{pivot}]$ $Statut[P_{aux,uext\_pivot}]$	Statut des valeurs pivots : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
GUE_{pivot}	Valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
EER_{pivot}	Valeur pivot déclarée des machines en mode refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
P_{abs_pivot}	Valeur pivot déclarée de puissance absorbée en gaz lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	kW	0	$+\infty$	-
$\eta_{th,ecs}$	Valeur pivot déclarée d'efficacité de production ECS ramenée à la puissance gaz consommée	-	0	$+\infty$	-

Fonctionnement à charge partielle

$Fonct\_moteur$	Mode de fonctionnement du moteur : 0 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du moteur (par défaut) 1 : Fonctionnement à vitesse variable	Ent	1	2	2
$Ccp_{LRcontmin}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$ 2 : par défaut	Réel	0	2	
$Statut[Ccp_{LRcontmin}]$	1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Min	0	60	
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Min	0	60	

Puissance d'auxiliaires de la machine

$Statut_{P_{aux0\%}}$	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire à charge nulle 1 : déclarée 2 : par défaut	Ent	0	1
$P_{aux0\%}$	Puissance électrique d'auxiliaire à charge nulle	W	0	$+\infty$

Préprocesseur : composition des matrices de performance

$\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs ($\theta_{aval} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{am}=\theta_j$) à Pabs($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel
$\{Cnn_{av\_GUE}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de GUE ($\theta_{aval}=\theta_j$) à GUE($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_GUE}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de GUE($\theta_{am}=\theta_j$) à GUE($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel
$\{Cnn_{av\_Paux}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de $P_{aux,uext}$ ($\theta_{aval}=\theta_j$) à $P_{aux,uext}$ ($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_Paux}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de $P_{aux,uext}$ ($\theta_{am}=\theta_j$) à $P_{aux,uext}$ ($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel
$\{Cnn_{av\_th,ecs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de $\eta_{th,ecs}$ ($\theta_{aval}=\theta_j$) à $\eta_{th,ecs}$ ($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_th,ecs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de $\eta_{th,ecs}$ ($\theta_{am}=\theta_j$) à $\eta_{th,ecs}$ ($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel

Voir selon technologie

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	entier	1	-	
$Statut[P_{aux,uint,pc}]$	Statut de la saisie de la puissance absorbée par les unités intérieures : 1 : déclarée 2 : par défaut	Ent	0	1	
$P_{aux,uint,pc}$	Puissance électrique absorbée par les unités intérieures à pleine charge	W	0	$+\infty$	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{cef}(h)\}$	Matrice des consommations par poste et par type d'énergie	Wh
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
$Q_{ecs}(h)$	Quantité d'énergie disponible pour la production ECS indirecte au pas de temps h	Wh
$Q_{rest}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$W_{aux,pro}(h)$	Consommation électrique d'auxiliaires du générateur	Wh

$\Phi_{\text{rejet}}(h)$	Quantité d'énergie rejetée à la source amont (générateur thermodynamique)	Wh
$T_{\text{charge}}(h)$	Taux de charge du générateur	-
$\eta_{\text{eff}}(h)$	Efficacité du générateur en énergie finale	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
	valeur maximale de la performance pour la valeur pivot d'une machine lorsqu'il n'y a pas de valeurs certifiées ou justifiées. si $\text{Idf}_{\text{onction}} = 1$ (chauffage) $\text{Syst\_Thermo\_CH} =$ 1 (PAC MG air/eau) : $\text{Val\_util\_max} = 1.51$ 2 (PAC MG air/air) : $\text{Val\_util\_max} = 1.4$	
Val_util_max	si $\text{Idf}_{\text{onction}} = 2$ (refroidissement) $\text{Type\_cycle\_FR} = 1$ et $\text{Syst\_Thermo\_FR} =$ 1 (PAC MG air/eau) : $\text{Val\_util\_max} = 0.7$ 2 (PAC MG air/air) : $\text{Val\_util\_max} = 1.25$ $\text{Type\_cycle\_FR} = 2$ et $\text{Syst\_Thermo\_FR} =$ 1 (PAC MG air/eau) : $\text{Val\_util\_max} = 1.0$ 2 (PAC MG air/air) : $\text{Val\_util\_max} = 1.25$	-
$\{GUE_{\text{util}}(i,j)\}$ $\{EER_{\text{util}}(i,j)\}$ $\{P_{\text{aux},\text{uext}}(i,j)\}$	Matrice des performances en mode chauffage/refroidissement selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données.	{-}
$\{\eta_{\text{th},\text{ecs}}(i,j)\}$	Matrice des efficacités de la production ECS indirecte ramenée à P_{abs} en fonction des températures amont et aval	{-}
$LR(h)$	Taux de charge par rapport à la puissance maximale (pleine charge)	-
$LR_{\text{cycl}}(h)$	Taux de charge calculé par rapport à LR_{contmin} , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
$GUE_{\text{pc}}(h)$ $GUE_{LR_{\text{contmin}}}(h)$ $GUE_{LR}(h)$	GUE utile à pleine charge et à charge réelle	-
$P_{\text{fou\_pc}}(h)$ $P_{\text{fou\_LRcontmint}}(h)$ $P_{\text{fou\_LR}}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
$P_{\text{abs\_pc}}(h)$ $P_{\text{abs\_LR}}(h)$	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
$P_{\text{gaz\_pc}}(h)$ $P_{\text{gaz\_LRcontmint}}(h)$ $P_{\text{gaz\_LR}}(h)$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W
$P_{\text{aux},\text{uext},\text{pc}}(h)$	Puissance appelée par les auxiliaires des unités extérieures en chauffage	W

$P_{gaz\_MA,LR}(h)$	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
$Q_{req,act}(h)$	Quantité d'énergie à fournir par une machine	W
$Q_{rest,act}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh
$\eta_{th,ecs}(h)$	Efficacité de la production indirecte ECS ramenée à la consommation de gaz	-
$LIM_{ECS}(h)$	Coefficient de limitation de la puissance de production indirecte d'ECS associé à la température limite de l'eau en sortie du moteur	-
$W_{aux,ecs}(h)$	Consommation de la pompe de charge de la production ECS indirecte	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	$J.K^{-1}.kg^{-1}$	1006
$GUE_{util\_max}(ch)$	Valeur maximale de GUE pivot	-	1,4
$EER_{util\_max}(fr)$	Valeur maximale de EER pivot	-	1,25
$Ccp_{LRcontmin,def}$	Valeur par défaut de $Ccp_{LRcontmin}$	-	1,0
$LR_{contmin,def}$	Valeur par défaut de $LR_{contmin}$	-	0,4
$P_{aux0,def}$	Valeur par défaut de la puissance d'auxiliaire absorbée à charge nulle	kW	0,12
$\eta_{th,ecs,utile\_max}(ch)$ $\eta_{th,ecs,utile\_max}(fr)$	Valeur utile maximale pour $\eta_{th,ecs}$ pivot en chauffage et refroidissement	kW	
$P_{aux,uint,def}(ch)$ $P_{aux,uint,def}(fr)$	Valeur par défaut de la puissance absorbée à pleine charge par l'ensemble des unités intérieures en chauffage et refroid.	kW	Voir § 8.25.3.1
$P_{aux,uext,pivot,utile\_min}(ch)$ $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}(fr)$	Valeurs utiles minimales de la puissance des auxiliaires des unités extérieures en chauffage et refroid.	kW	

Tableau 229 : Nomenclature du modèle

8.25.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes :

- 3) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources,
- 4) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

8.25.3.1 *Prise en compte des Statuts de donnée*

La première étape consiste, en amont du calcul annuel, à composer les matrices de performances de GUE et Pabs en fonction des températures de sources à partir des statuts des différences données utilisées.

Statuts de données des performances à pleine charge

La ou les puissances absorbées à pleine charge ont toujours le statut de valeur déclarée ; aucune correction liée au statut de données n'est appliqué à ce niveau. A minima, une valeur de puissance absorbée doit être saisie pour chaque valeur de *GUE* saisies.

Pour les coefficients de performances (GUE) saisis par l'utilisateur, les différents statuts de données associées sont les suivants :

- **certifié** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes définies dans le Tableau 230.

Aucune correction du ou des GUE saisis n'est appliquée.

- **justifié** : la valeur est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes définies dans le Tableau 230.

Une réduction de 10% du ou des GUE saisis est appliquée.

- **déclaré** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% du GUE pivot saisi est appliquée. Le GUE pivot est de plus plafonné à une valeur utile maximale.

- **par défaut** : aucune information disponible.

Une valeur de GUE pivot forfaitaire, égale à la valeur utile maximale réduite de 20%, est appliquée.

Pour résumer pour le mode chauffage (en refroidissement remplacer GUE par EER) :

StatutGUE	Correction
Certifié(s)	$GUE_{util}(i;j) = GUE(i;j)$
Justifié(s)	$GUE_{util}(i;j) = 0,9 \times GUE(i;j)$
Déclaré (pivot seulement)	$GUE_{pivot\_util} = \text{MIN} [0,8 \times GUE_{pivot}; GUE_{utilmax}(ch)]$
Par défaut (pivot seulement)	$GUE_{pivot\_util} = 0,8 \times GUE_{utilmax}(ch)$

Tableau 230: Statuts GUE et correction

Pour la PAC MG air extérieur/eau :

- En chauffage : $GUE_{utilmax}(ch) = 1.3$
- En refroidissement : $EER_{utilmax}(fr) = 1.0$

Pour la PAC MG air extérieur/air recyclé :

- En chauffage : $GUE_{utilmax}(ch) = 1.4$
- En refroidissement : $EER_{utilmax}(fr) = 1.25$

A l'heure actuelle, il n'existe pas de norme d'essai relative aux PAC MG.

Il existe un référentiel d'essai dans le cadre de la certification NF PAC : NF 4146 – Rev 5 Pr 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E.

Statuts de données des performances à charge partielle (en mode à vitesse variable) :

Ce statut concerne les paramètres $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$, qui peuvent être obtenus par une mesure des performances à charge partielle proche de la vitesse minimale de fonctionnement du moteur. Les conditions de recours aux différents statuts sont identiques à celles évoquées pour les performances à pleine charge. A noter qu'il n'existe pas de statut « déclaré » pour ces paramètres.

Les corrections appliquées sont les suivantes :

- **certifié** : aucune correction appliquée
- **justifié** :
 - $LR_{contmin}$ est augmenté de 0,05,
 - $Ccp_{LRcontmin}$ est diminué de 10%,
- **par défaut** :
 - $LR_{contmin}$ est fixé à $LR_{contmin,def} = 0,4$
 - $Ccp_{LRcontmin}$ est fixé à $CCp_{LRcontmin,def} = 1,0$

Statut de données pour les puissances d'auxiliaires

Pour ce qui est des puissances électriques absorbées par les auxiliaires (ventilateurs, pompes, régulation...), le traitement diffère selon qu'il s'agit de l'unité extérieure ou des unités intérieures.

Pour ce qui est de l'unité extérieure (paramètre $P_{aux,uext}$), les conditions de recours aux différents statuts de données sont identiques à celles évoquées pour les performances à pleine charge. Les corrections appliquées sont les suivantes :

- **certifié** : aucune correction appliquée,
- **justifié** : une augmentation de 10% du ou des $P_{aux,uext,pivot}$ saisis est appliquée,
- **déclaré** : une augmentation de 20% du $P_{aux,uext,pivot}$ saisi est appliquée. La valeur est de plus plafonnée à $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}$.
- **par défaut** : une valeur de $P_{aux,uext}$ forfaitaire est utilisée, prise égale à 120% de $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}$.

Où $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}$ est pris égal à 3% de la puissance absorbée gaz à pleine charge dans les conditions pivot, en chauffage comme en refroidissement :

$$\begin{aligned} P_{aux,uext,pivot,utile,min}(ch) &= 0,03 \cdot P_{abs,pivot}(ch) \\ P_{aux,uext,pivot,utile,min}(fr) &= 0,03 \cdot P_{abs,pivot}(fr) \end{aligned} \quad (1367)$$

Dans le cas d'une saisie au travers d'une matrice de puissance absorbée, la valeur de $\{ValP_{abs}\}$

correspondant à $P_{abs,pivot}$ est explicitée ci-dessous :

$$\begin{aligned} P_{abs,pivot}(ch) &= ValPabs(4,4) \\ P_{abs,pivot}(fr) &= ValPabs(4,2) \end{aligned} \quad (1368)$$

Pour ce qui est de l'unité intérieure ($P_{aux,uint}$), étant donné qu'il s'agit d'un paramètre d'intégration lié au dimensionnement des unités intérieures, aucune correction n'est appliquée. Une valeur par défaut est cependant proposée :

$$\begin{aligned} P_{aux,uint,def}(ch) &= 0,06 \cdot P_{abs,pivot}(ch) \\ P_{aux,uint,def}(fr) &= 0,06 \cdot P_{abs,pivot}(fr) \end{aligned} \quad (1369)$$

De même, pour la puissance électrique absorbée à charge nulle (P_{aux0}), étant donné qu'il s'agit d'un paramètre de second ordre, la prise en compte des statuts de données est simplifiée comme suit :

- **certifié ou justifié** : aucune correction n'est appliquée,
- **par défaut** : P_{aux0} est fixé à $P_{aux0,def} = 0,12$ kW

Statut de données pour la production d'ECS indirecte

Les conditions de recours aux différents statuts sont identiques à celles évoquées pour les performances à pleine charge. Dans le cas de $\eta_{th,ecs}$, seule la valeur pivot peut être certifiée ou justifiée. La matrice complète n'est jamais saisie.

Les corrections appliquées sont les suivantes :

- **certifié (*Statut*_{données_ECS} =3)** : aucune correction n'est appliquée,
- **justifié (*Statut*_{données_ECS} =2)** : une augmentation de 10% du ou des valeurs de $\eta_{th,ecs,pivot}$ appliquées,
- **déclaré (*Statut*_{données_ECS} =1)** : une augmentation de 20% du $\eta_{th,ecs,pivot}$ est appliqué. $\eta_{th,ecs,pivot}$ est par ailleurs plafonnée à une valeur utile maximale $\eta_{th,ecs,utile\_max}$,
- **par défaut (*Statut*_{données_ECS} =0)** : une valeur de $\eta_{th,ecs}$ pivot forfaitaire est appliquée : la valeur utile maximale $\eta_{th,ecs,utile\_max}$ réduite de 20%.

Avec :

$$\begin{aligned} \eta_{th,ecs,utile,max}(ch) &= 0,15 \\ \eta_{th,ecs,utile,max}(fr) &= 0,50 \end{aligned} \quad (1370)$$

8.25.3.2 Matrices de Performance à pleine charge en chauffage

8.25.3.2.1 PAC MG air extérieur / eau

Syst_Thermo_CH = 1

Val_util_max = 1.3

Les performances à pleine charge en chauffage des PAC MG air/eau sont décrites au travers de matrices identiques au format identique à celles d'une PAC à absorption gaz air extérieur/eau.

On décrit 4 matrices pour chaque paramètre de performance à pleine charge suivant :

- GUE, coefficient de performance,
- P_{abs} , puissance absorbée en énergie gaz,

- P_{aux} , puissance électrique absorbée par les auxiliaires,
- Statut, statut de données renseignées (1 : certifié ou 2 : justifié),
- $\eta_{th,ecs}$, efficacité de la production indirecte d'ECS ramenée à la puissance consommée en gaz P_{abs} .

			Températures amont principales (°C)					
			Air extérieur					
			-15	-7	2*	7	20	
			Priorité	5	2	3	1	4
Températures aval principales (°C) Eau Air intérieur	23.5	4						
	32.5	1					Pivot	
	42.5	2						
	51	3						
	60	5						

* : Pour la matrice $\eta_{th,ecs}$, le point à 2°C de température amont est remplacé par 5°C.

Figure 169 : Format des matrices de performance en chauffage des PAC MG air/eau

Dans chaque colonne (correspondant aux températures θ_{amont}) où au moins une valeur de GUE est renseignée, les valeurs de GUE doivent être renseignées aux mêmes températures θ_{aval} .

Pour une température θ_{amont} fixée, une valeur de GUE à une température θ_{aval} ne peut être renseignée que si la valeur de GUE pour la température θ_{aval} de priorité inférieure est également renseignée.

De même, pour une température θ_{aval} fixée, une valeur de GUE à une température θ_{amont} ne peut être renseignée que si la valeur de GUE pour la température θ_{amont} de priorité inférieure est également renseignée.

A chaque case de la matrice de GUE saisie doit correspondre une case de la matrice de P_{abs} saisie.

La valeur 'pivot' est la valeur pour $\theta_{am} = 7^{\circ}\text{C}$; $\theta_{av} = 32.5^{\circ}\text{C}$.

La température $\theta_{am,ms}$ est la température en dessous de laquelle l'évaporateur secondaire est seul à être utilisé. GUE et P_{abs} s'avèrent constants en dessous de cette température seuil. Conventionnellement, on fixe $\theta_{am,ms} = -3^{\circ}\text{C}$.

Note : les températures aval sont assimilées à des températures moyennes départ/retour d'eau. Les températures amont sont les températures de bain dans lequel les couronnes de captage sont immergées au cours des essais de performance. La caractérisation des performances ne peut se faire qu'en suivant les ordres de priorités définis ci-dessus.

Les autres valeurs sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
32.5°C	7 °C
32.5°C, 42.5°C	-7 °C, 7 °C
32.5°C, 42.5°C, 51°C	-7°C, 2°C, 7°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	-7°C, 2°C; 7°C, 20°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	-15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 231 : Températures aux sources en chauffage pour la PAC MG air/eau

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de GUE, P_{abs} , $P_{aux, uext}$ ou $\eta_{th, ecs}$ est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValGUEch(4,3)\} = 0$

$$\{ValGUEch(4,3)\} = \{ValGUEch(4,2)\} * Cnnav\_GUEch(42.5, 32.5)$$

si $\{ValGUEch(4,4)\} = 0$

$$\{ValGUEch(4,4)\} = \{ValGUEch(4,3)\} * Cnnav\_GUEch(51, 42.5)$$

si $\{ValGUEch(4,1)\} = 0$

$$\{ValGUEch(4,1)\} = \{ValGUEch(4,2)\} * Cnnav\_GUEch(23.5, 32.5)$$

si $\{ValGUEch(4,5)\} = 0$

$$\{ValGUEch(4,5)\} = \{ValGUEch(4,4)\} * Cnnav\_GUEch(60, 51)$$

Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$Cnnav\_GUE(23.5, 32.5) = 1,15$	$Cnnav\_Pabs(23.5, 32.5) = 1$
$Cnnav\_GUE(42.5, 32.5) = 0.80$	$Cnnav\_Pabs(42.5, 32.5) = 1.17$
$Cnnav\_GUE(51, 42.5) = 0,80$	$Cnnav\_Pabs(51, 42.5) = 1.12$
$Cnnav\_GUE(60, 51) = 0,80$	$Cnnav\_Pabs(60, 51) = 1,11$
P_{aux}	$\eta_{th, ecs}$
$Cnnav\_Paux(23.5, 32.5) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs} (23.5, 32.5) = 1$
$Cnnav\_Paux(42.5, 32.5) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs} (42.5, 32.5) = 1$
$Cnnav\_Paux(51, 42.5) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs} (51, 42.5) = 1$
$Cnnav\_Paux(60, 51) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs} (60, 51) = 1$

Tableau 232: Valeurs de Cnnav en chauffage pour la PAC MG air/eau

Ensuite, on complète ligne par ligne les valeurs encore manquantes, à partir des valeurs de la colonne pivot et/ou des valeurs renseignées dans d'autres colonnes. Les valeurs renseignées sont bien sûr conservées.

Les lignes sont complétées comme suit (exemple du GUE) :

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{ValGUEch(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValGUEch(2, l_{ign})\} = \{ValGUEch(4, l_{ign})\} * Cnnav\_GUEch(-7, 7)$$

si $\{ValGUEch(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValGUEch(3, l_{ign})\} = \{ValGUEch(4, l_{ign})\} * Cnnav\_GUEch(2, 7)$$

si $\{ValGUEch(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValGUEch(5, l_{ign})\} = \{ValGUEch(4, l_{ign})\} * Cnnav\_GUEch(20, 7)$$

si $\{ValGUEch(1, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValGUEch(1, l_{ign})\} = \{ValGUEch(2, l_{ign})\} * Cnnav\_GUEch(-15, -7)$$

Les coefficients Cnnam(Y,X) utilisés pour passer de la valeur à la température amont X à celle à la température amont Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
Cnnam_GUE(-7, 7) = 0.4941	Cnnam_Pabs(-7, 7) = 1,36
Cnnam_GUE(2, 7) = 0,81	Cnnam_Pabs(2, 7) = 1,13
Cnnam_GUE(20, 7) = 1,37	Cnnam_Pabs(20, 7) = 0,94
Cnnam_GUE(-15, -7) = 0,78	Cnnam_Pabs(-15, -7) = 1,07
P _{aux}	$\eta_{th,ecs}$
Cnnam_Paux(-7, 7) = 1	Cnnam_ $\eta_{th,ecs}$ (-7, 7) = 0
Cnnam_Paux(2, 7) = 1	Cnnam_ $\eta_{th,ecs}$ (2, 7) = 0
Cnnam_Paux(20, 7) = 1	Cnnam_ $\eta_{th,ecs}$ (20, 7) = 1
Cnnam_Paux(-15, -7) = 1	Cnnam_ $\eta_{th,ecs}$ (-15, -7) = 1

Tableau 233: Valeurs de Cnnam en chauffage pour la PAC MG air/eau

8.25.3.2.2 PAC MG air extérieur / air recyclé

Syst_Thermo_CH = 2

Val_util_max = 1.4

Les performances à pleine charge en chauffage des PAC MG air/air sont décrites au travers de matrices identiques au format identique à celles d'une PAC à compression électrique air extérieur/air recyclé.

On décrit 4 matrices pour chaque paramètre de performance à pleine charge suivant :

- GUE, coefficient de performance,
- P_{abs}, puissance absorbée en énergie gaz,
- P_{aux_uext}, puissance électrique absorbée par les auxiliaires de l'unité extérieure,
- Statut, statut de données renseignées (1 : *certifié* ou 2 : *justifié*),
- $\eta_{th,ecs}$, efficacité de la production indirecte d'ECS ramenée à la puissance consommée en gaz P_{abs}.

			Températures amont principales (°C)				
			Air extérieur				
			-15	-7	2*	7	20
		Priorité	5	2	3	1	4
Températures aval principales (°C) Air intérieur	5	5					
	10	4					
	15	2					
	20	1				Pivot	

	25	3					

* : Pour la matrice $\eta_{th,ecs}$, le point à 2°C de température amont est remplacé par 5°C.

Figure 170 : Format des matrices de performance en chauffage des PACMG air/air

Dans chaque colonne (correspondant aux températures θ_{amont}) où au moins une valeur de GUE est renseignée, les valeurs de GUE doivent être renseignées aux mêmes températures θ_{aval} .

Pour une température θ_{amont} fixée, une valeur de GUE à une température θ_{aval} ne peut être renseignée que si la valeur de GUE pour la température θ_{aval} de priorité inférieure est également renseignée.

De même, pour une température θ_{aval} fixée, une valeur de GUE à une température θ_{amont} ne peut être renseignée que si la valeur de GUE pour la température θ_{amont} de priorité inférieure est également renseignée.

A chaque case de la matrice de GUE saisie doit correspondre une case de la matrice de Pabs saisie.

La valeur 'pivot' est la valeur pour $\theta_{am} = 7^\circ\text{C}$; $\theta_{av} = 20^\circ\text{C}$.

La température $\theta_{am,ms}$ est la température en dessous de laquelle l'évaporateur secondaire est seul à être utilisé. GUE et P_{abs} s'avèrent constants en dessous de cette température seuil.

Conventionnellement, on fixe $\theta_{am,ms} = -3^\circ\text{C}$.

Note : les températures aval sont assimilées à des températures moyennes départ/retour d'eau. Les températures amont sont les températures de bain dans lequel les couronnes de captage sont immergées au cours des essais de performance. La caractérisation des performances ne peut se faire qu'en suivant les ordres de priorités définis ci-dessus.

Les autres valeurs sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
20°C	7 °C
20°C, 15°C	-7 °C, 7 °C
25°C, 20°C, 15°C	-7°C, 2°C, 7°C
25°C, 20°C, 15°C, 10°C	-7°C, 2°C; 7°C, 20°C
25°C, 20°C, 15°C, 10°C, 5°C	-15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 234 : Températures aux sources en chauffage pour la PAC MG air/air

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de GUE, P_{abs} , $P_{aux,uext}$ ou $\eta_{th,ecs}$ est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValGUE(4,1)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,1)\} = \{\text{ValGUE}(4,4)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(5, 20)$$

si {ValGUE(4,2)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,2)\} = \{\text{ValGUE}(4,4)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(10, 20)$$

si {ValGUE(4,3)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,3)\} = \{\text{ValGUE}(4,4)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(15, 20)$$

si {ValGUE(4,5)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,5)\} = \{\text{ValGUE}(4,4)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(25, 20)$$

Les coefficients $Cnn_{av}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$Cnn_{av\_GUE}(15, 20) = 0,97$	$Cnn_{av\_Pabs}(15, 20) = 1,05$
$Cnn_{av\_GUE}(25, 20) = 0,92$	$Cnn_{av\_Pabs}(25, 20) = 1,0$
$Cnn_{av\_GUE}(10, 20) = 0,94$	$Cnn_{av\_Pabs}(10, 20) = 1,1$
$Cnn_{av\_GUE}(5, 20) = 0,91$	$Cnn_{av\_Pabs}(5, 20) = 1,15$
$P_{aux,uext}$	$\eta_{th,ecs}$
$Cnn_{av\_Paux,uext}(15, 20) = 1$	$Cnn_{av\_}\eta_{th,ecs} (15, 20) = 1$
$Cnn_{av\_Paux,uext}(25, 20) = 1$	$Cnn_{av\_}\eta_{th,ecs} (25, 20) = 1$
$Cnn_{av\_Paux,uext}(10, 20) = 1$	$Cnn_{av\_}\eta_{th,ecs} (10, 20) = 1$
$Cnn_{av\_Paux,uext}(5, 20) = 1$	$Cnn_{av\_}\eta_{th,ecs} (5, 20) = 1$

Tableau 235: Valeurs de Cnnav en chauffage pour la PAC MG air/air

Ensuite, on complète ligne par ligne les valeurs encore manquantes, à partir des valeurs de la colonne pivot et/ou des valeurs renseignées dans d'autres colonnes. Les valeurs renseignées sont bien sûr conservées.

Les lignes sont complétées comme suit (exemple du GUE) :

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{Val_{GUE}(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{Val_{GUE}(2, l_{ign})\} = \{Val_{GUE}(4, l_{ign})\} \times Cnn_{am\_GUE}(-7, 7)$$

si $\{Val_{GUE}(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{Val_{GUE}(3, l_{ign})\} = \{Val_{GUE}(4, l_{ign})\} \times Cnn_{am\_GUE}(2, 7)$$

si $\{Val_{GUE}(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{Val_{GUE}(5, l_{ign})\} = \{Val_{GUE}(4, l_{ign})\} \times Cnn_{am\_GUE}(20, 7)$$

si $\{Val_{GUE}(1, l_{ign})\} = 0$

$$\{Val_{GUE}(1, l_{ign})\} = \{Val_{GUE}(2, l_{ign})\} \times Cnn_{am\_GUE}(-15, -7)$$

Les coefficients $Cnn_{am}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température amont X à celle à la température amont Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$Cnn_{am\_GUE}(-7, 7) = 0,75$	$Cnn_{am\_Pabs}(-7, 7) = 1,35$
$Cnn_{am\_GUE}(2, 7) = 0,8$	$Cnn_{am\_Pabs}(2, 7) = 1,15$
$Cnn_{am\_GUE}(20, 7) = 1,10$	$Cnn_{am\_Pabs}(20, 7) = 0,90$
$Cnn_{am\_GUE}(-15, -7) = 1$	$Cnn_{am\_Pabs}(-15, -7) = 1$
$P_{aux,uext}$	$\eta_{th,ecs}$
$Cnn_{am\_Paux,uext}(-7, 7) = 0,3$	$Cnn_{am\_}\eta_{th,ecs} (-7, 7) = 0$
$Cnn_{am\_Paux,uext}(2, 7) = 0,65$	$Cnn_{am\_}\eta_{th,ecs} (5, 7) = 0$
$Cnn_{am\_Paux,uext}(20, 7) = 1$	$Cnn_{am\_}\eta_{th,ecs} (20, 7) = 1$
$Cnn_{am\_Paux,uext}(-15, -7) = 0,3$	$Cnn_{am\_}\eta_{th,ecs} (-15, -7) = 1$

Tableau 236: Valeurs de Cnnam en chauffage pour la PAC MG air/air

8.25.3.3 Matrices de Performance à pleine charge en refroidissement

8.25.3.3.1 PAC MG air extérieur / eau

Syst_Thermo_FR = 1

Val_util_max = 1.0

La matrice de performances des refroidisseurs air extérieur / eau est la suivante :

			Températures amont principales (°C) : <i>air extérieur</i>				
			5	15	25	35	45
			Priorité	5	4	3	1
Températures aval principales (°C) <i>Eau</i>	4	5					
	9,5	1				Pivot	
	15	3					
	20,5	2					
	26	4					

Figure 171 : Matrice de performance des refroidisseurs air extérieur/eau

La valeur 'pivot' est la valeur pour $\theta_{am} = 35$; $\theta_{av} = 9,5$.

Les autres valeurs sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
9.5 °C	35 °C
9.5°C, 20.5°C,	35 °C, 45 °C
9.5°C, 15 °C, 20.5°C	35 °C, 45 °C, 25°C,
9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	35 °C, 45 °C, 25°C, 15°C,
4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	35 °C, 45 °C, 25°C, 15°C, 5°C

Tableau 237 : Températures aux sources en refroidissement des PAC MG air/eau

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de GUE ou P_{abs} est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValGUEfr(4,1)\} = 0$

$$\{ValGUEfr(4,1)\} = \{ValGUEfr(4,2)\} \times Cnnav\_GUEfr(4, 9,5)$$

si $\{ValGUEfr(4,3)\} = 0$

$$\{ValGUEfr(4,3)\} = \{ValGUEfr(4,2)\} \times Cnnav\_GUEfr(15, 9,5)$$

si $\{ValGUEfr(4,4)\} = 0$

$$\{ValGUEfr(4,4)\} = \{ValGUEfr(4,3)\} \times Cnnav\_GUEfr(20.5, 15)$$

si $\{ValGUEfr(4,5)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,5)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,4)\} \times \text{Cnnav\_GUEfr}(26, 20.5)$$

Les coefficients $\text{Cnnav}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$\text{Cnnav\_GUE}(4, 9.5) = 0,90$	$\text{Cnnav\_Pabs}(4, 9.5) = 0,95$
$\text{Cnnav\_GUE}(15, 9.5) = 1,08$	$\text{Cnnav\_Pabs}(15, 9.5) = 1,06$
$\text{Cnnav\_GUE}(20.5, 15) = 1,07$	$\text{Cnnav\_Pabs}(20.5, 15) = 1,05$
$\text{Cnnav\_GUE}(26, 20.5) = 1,06$	$\text{Cnnav\_Pabs}(26, 20.5) = 1,05$
P_{aux}	$\eta_{\text{th,ecs}}$
$\text{Cnnav\_Paux}(4, 9.5) = 1$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(4, 9.5) = 0,97$
$\text{Cnnav\_Paux}(15, 9.5) = 1$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(15, 9.5) = 1,01$
$\text{Cnnav\_Paux}(20.5, 15) = 1$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(20.5, 15) = 1,01$
$\text{Cnnav\_Paux}(26, 20.5) = 1$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(26, 20.5) = 1,01$

Tableau 238: Valeurs de Cnnav en refroidissement des PAC MG air/eau

Ensuite, on complète ligne par ligne les valeurs encore manquantes, à partir des valeurs de la colonne pivot et/ou des valeurs renseignées dans d'autres colonnes.

Les lignes sont complétées :

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$,

si $\{\text{ValGUEfr}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEfr}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEfr}(4, l_{\text{ign}})\} \times \text{Cnnav\_GUEfr}(45, 35)$$

si $\{\text{ValGUEfr}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEfr}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEfr}(4, l_{\text{ign}})\} \times \text{Cnnav\_GUEfr}(25, 35)$$

si $\{\text{ValGUEfr}(2, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEfr}(2, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEfr}(3, l_{\text{ign}})\} \times \text{Cnnav\_GUEfr}(15, 25)$$

si $\{\text{ValGUEfr}(1, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEfr}(1, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEfr}(2, l_{\text{ign}})\} \times \text{Cnnav\_GUEfr}(5, 15)$$

Les valeurs renseignées sont bien sûr conservées. Les coefficients $\text{Cnnav}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température amont X à celle à la température amont Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$\text{Cnnav\_GUE}(45, 35) = 0,71$	$\text{Cnnav\_Pabs}(45, 35) = 1,15$
$\text{Cnnav\_GUE}(25, 35) = 1,18$	$\text{Cnnav\_Pabs}(25, 35) = 0,86$
$\text{Cnnav\_GUE}(15, 25) = 0,82$	$\text{Cnnav\_Pabs}(15, 25) = 0,88$
$\text{Cnnav\_GUE}(5, 15) = 0,78$	$\text{Cnnav\_Pabs}(5, 15) = 0,9$
P_{aux}	$\eta_{\text{th,ecs}}$
$\text{Cnnav\_Paux}(45, 35) = 1$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(45, 35) = 1$
$\text{Cnnav\_Paux}(25, 35) = 0,92$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(25, 35) = 1$
$\text{Cnnav\_Paux}(15, 25) = 0,61$	$\text{Cnnav\_}\eta_{\text{th,ecs}}(15, 25) = 1$

Cnnam_Paux(5, 15)= 1	Cnnam_η _{th,ecs} (5, 15)= 1

Tableau 239: Valeurs de Cnnam en refroidissement des PAC MG air/eau

8.25.3.3.2 PAC MG air extérieur / air recyclé

Syst_Thermo_FR = 2

Val_util_max = 1.25

La matrice de performances des machines air extérieur / air recyclé est la suivante :

			Températures amont principales (°C) : <i>air extérieur</i>				
			5	15	25	35	45
			Priorité	4	3	2	1
Températures aval principales (°C) <i>Air intérieur</i>	22	2					
	27	1				Pivot	
	32	3					
	37	4					

Figure 172 : Matrice de performance des machines air extérieur/ air recyclé

La valeur 'pivot' est la valeur pour $\theta_{am} = 35$; $\theta_{av} = 27$.

Les autres valeurs sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
27°C	35 °C
22°C, 27°C	25 °C, 35°C
22°C, 27°C, 32°C	15°C, 25°C, 35°C
22°C, 27°C, 32°C, 37°C	5°C, 15°C, 25°C, 35°C
	5°C, 15°C, 25°C, 35°C, 45°C

Tableau 240 : Températures aux sources

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de GUE ou P_{abs} est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si {ValGUE(4,1)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,1)\} = \{\text{ValGUE}(4,2)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(22, 27)$$

si {ValGUE(4,3)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,3)\} = \{\text{ValGUE}(4,2)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(32, 27)$$

si {ValGUE(4,4)} = 0

$$\{\text{ValGUE}(4,4)\} = \{\text{ValGUE}(4,2)\} \times \text{Cnnav\_GUE}(37,27)$$

Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$Cnnav\_EER(22, 27) = 0,97$	$Cnnav\_Pabs(22, 27) = 0,90$
$Cnnav\_EER(32, 27) = 1,01$	$Cnnav\_Pabs(32, 27) = 1,04$
$Cnnav\_EER(37, 27) = 1,01$	$Cnnav\_Pabs(37, 27) = 1,05$
$P_{aux, uext}$	$\eta_{th, ecs}$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(22, 27) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(22, 27) = 1$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(32, 27) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(32, 27) = 1$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(37, 27) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(37, 27) = 1$

Tableau 241: Valeurs de Cnnav en refroidissement

Ensuite, on complète ligne par ligne les valeurs encore manquantes, à partir des valeurs de la colonne pivot et/ou des valeurs renseignées dans d'autres colonnes.

Les lignes sont complétées :

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{ValGUE(2, l_{ign})\} = 0$

$\{ValGUE(2, l_{ign})\} = \{ValGUE(4, l_{ign})\} \times Cnnav\_GUE(15, 35)$

si $\{ValGUE(3, l_{ign})\} = 0$

$\{ValGUE(3, l_{ign})\} = \{ValGUE(4, l_{ign})\} \times Cnnav\_GUE(25, 35)$

si $\{ValGUE(5, l_{ign})\} = 0$

$\{ValGUE(5, l_{ign})\} = \{ValGUE(4, l_{ign})\} \times Cnnav\_GUE(45, 35)$

si $\{ValGUE(1, l_{ign})\} = 0$

$\{ValGUE(1, l_{ign})\} = \{ValGUE(4, l_{ign})\} \times Cnnav\_GUE(5, 35)$

Les valeurs renseignées sont bien sûr conservées. Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température amont X à celle à la température amont Y sont les suivantes :

GUE	Pabs
$Cnnav\_GUE(5, 35) = 1,3$	$Cnnav\_Pabs(5, 35) = 0,75$
$Cnnav\_GUE(15, 35) = 1,2$	$Cnnav\_Pabs(15, 35) = 0,85$
$Cnnav\_GUE(25, 35) = 1,1$	$Cnnav\_Pabs(25, 35) = 0,92$
$Cnnav\_GUE(45, 35) = 0,7$	$Cnnav\_Pabs(45, 35) = 1,2$
$P_{aux, uext}$	$\eta_{th, ecs}$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(5, 35) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(5, 35) = 1$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(15, 35) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(15, 35) = 1$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(25, 35) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(25, 35) = 1$
$Cnnav\_P_{aux, uext}(45, 35) = 1$	$Cnnav\_ \eta_{th, ecs}(45, 35) = 1$

Tableau 242: Valeurs de Cnnav en refroidissement

8.25.3.4 **Modélisation du Fonctionnement à charge partielle**

Les PAC MG air/air peuvent moduler la puissance soit par des cycles marche/arrêt répétés soit par adaptation linéaire de la vitesse de moteur (valable uniquement au-dessus d'un certain taux de charge). On rapproche ainsi dans le principe la description des performances à charge partielle de celle des algorithmes des PAC à compression électrique et à absorption gaz de la méthode Th-BCE.

La consommation à charge partielle résulte de 2 phénomènes :

1. la consommation de gaz du moteur lors de la phase de fonctionnement établi, P_{comp} ,
2. la consommation équivalente du moteur résultant des irréversibilités lors des phases d'arrêt - démarrage,

8.25.3.4.1 Performances effectives à pleine charge (pc) et à vitesse minimale (contmin)

Par la suite, l'algorithme est explicité pour le mode chauffage, mais l'approche est rigoureusement identique en refroidissement à ceci près que les efficacités sont notées EER.

Les performances à pleine charge pour des conditions de fonctionnement données sont déterminées par double-interpolation (une sur $\theta_{amont}(h)$ et une sur $\theta_{aval}(h)$) à l'intérieur des matrices précédemment détaillées. On note $GUE_{pc}(h)$, $P_{abs,pc}(h)$, $P_{aux,uext,pc}(h)$ et $\eta_{th,ecs}(h)$ les valeurs ainsi obtenues. La procédure utilisée est décrite dans la méthode Th-BCE, chapitre 8.23 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec.

A l'instar de la convention relative aux PAC à compression électrique, la consommation d'auxiliaires inclut celles de l'ensemble des unités intérieures connectées en plus de celle de l'unité extérieure. Ainsi, la puissance électrique absorbée à pleine charge totale est égale à la somme des puissances absorbées par les unités intérieures et l'unité extérieure :

$$P_{aux,pc}(h) = P_{aux,uext,pc}(h) + P_{aux,uint,pc} \quad (1371)$$

On caractérise tout d'abord les performances au taux de charge correspondant à la vitesse minimale de fonctionnement admise par le moteur, $LR_{contmin}$. Le GUE ou l'EER à ce taux de charge minimal est calculé à partir du coefficient de correction de la performance correspondant, $Ccp_{LRcontmin}$, pour l'ensemble moteur et auxiliaires.

$$GUE_{LRcontmin}(h) = Ccp_{LRcont,min} \cdot GUE_{PC}(h) \quad (1372)$$

$$P_{fou,LRcontmin}(h) = LR_{cont,min} \cdot P_{foupc}(h) \quad (1373)$$

$$P_{gaz,LRcontmin}(h) = \frac{P_{fou,LRcontmin}(h)}{GUE_{LRcontmin}(h)} \quad (1374)$$

8.25.3.4.2 Fonctionnement a vitesse de rotation variable du moteur

Soit $Q_{req,act}(h)$ le besoin en énergie ramené à une seule machine parmi les R_{dim} identiques :

$$Q_{req,act}(h) = \frac{Q_{Req}(h)}{R_{dim}} \quad (1375)$$

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable (*Fonct_moteur = 1 : fonctionnement à vitesse variable*), lorsque $P_{fou,LR}(h) \geq P_{fou,LRcontmin}(h)$.

Avec :

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{foupc}(h)} \quad (1376)$$

$$P_{fouLR}(h) = MIN(Q_{req,act}(h); P_{foupc}(h)) \quad (1377)$$

$$Q_{rest,act}(h) = Q_{req,act}(h) - P_{foupc}(h) \quad (1378)$$

Le GUE et le EER sont calculés sur la base de l'hypothèse que la consommation du moteur varie linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement à vitesse variable.

Pour un taux de charge situé entre $LR_{contmin}$ et 1:

$$GUE_{LR}(h) = GUE_{pc}(h) \cdot \left(1 + [Ccp_{LRcont,min} - 1] \cdot \frac{1 - LR(h)}{1 - LR_{cont,min}} \right) \quad (1379)$$

$$P_{gaz,LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{GUE_{LR}(h)} \quad (1380)$$

La puissance absorbée liée aux cycles marche-arrêt est quant à elle nulle, d'où :

$$P_{gaz,MA,LR}(h) = 0 \text{ (W)} \quad (1381)$$

$$P_{abs,LR}(h) = P_{gaz,LR}(h) + P_{gaz,MA,LR}(h) \quad (1382)$$

8.25.3.4.3 Fonctionnement en cycle marche arrêt du moteur

On rencontre ce type de fonctionnement :

- avec les machines à régulation de compresseur tout ou rien (*Fonct_moteur* = 0 : *fonctionnement tout ou rien*)
- avec les machines à régulation de puissance variable (*Fonct_moteur* = 1 : *fonctionnement à vitesse variable*), lorsque $P_{fou,LR} < P_{fou,pc} \cdot LR_{contmin}$.

En valeur moyenne sur une heure le fonctionnement est le suivant :

1. la puissance consommée par le moteur, $P_{gaz,LR}$, varie linéairement entre 0 W pour $LR = 0\%$ et $P_{abs,LRcontmin}$ pour $LR = LR_{contmin}$,

$$P_{gaz,LR}(h) = P_{gaz,LRcontmin}(h) \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR(h)}{LR_{contmin}} \right) \quad (1383)$$

2. la puissance liée aux irréversibilités, $P_{gaz,MA,LR}$, est nulle aussi bien à charge nulle qu'au taux de charge $LR_{contmin}$. A l'intérieur de cette plage, sa valeur est égale à :

$$P_{gaz,MA,LR}(h) = P_{gaz,LRcontmin}(h) \cdot \frac{D_{eq} \cdot (LR_{cycl}(h)) \cdot (1 - LR_{cycl}(h))}{D_{fou0}} \quad (1384)$$

$$\text{Avec : } LR_{cycl}(h) = \frac{LR(h)}{LR_{contmin}} \quad (1385)$$

D_{eq} est la durée équivalente liée aux irréversibilités, caractéristique de la machine, en minutes. Par convention, on pose $D_{eq} = 0,5$ min.

D_{fou0} est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0%, en minutes. Elle correspond au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Par convention, on pose $D_{fou0} = 2,0$ min, ce qui correspond à la valeur adoptée dans Th-BCE pour les distributions à inertie très légère.

On peut donc calculer la puissance pour chaque taux de charge :

$$P_{abs,LR}(h) = P_{gaz,LR}(h) + P_{gaz\_MA,LR}(h) \quad (1386)$$

$$GUE_{LR}(h) = \frac{P_{fou,LR}(h)}{P_{abs,LR}(h)} \quad (1387)$$

8.25.3.4.4 Consommation des auxiliaires électriques

La puissance absorbée par les auxiliaires électriques de la machine est considérée proportionnelle au taux de charge :

$$P_{aux,LR}(h) = MIN \left(P_{aux,pc}(h) ; P_{aux,0} + \frac{LR(h)}{LR_{cont,min}} (P_{aux,pc}(h) - P_{aux,0}) \right) \quad (1388)$$

8.25.3.4.5 Production indirecte d'ECS

Lorsque une production indirecte d'ECS est présente ($IS_{prod\_ECS} = 1$: vrai), on calcule la puissance équivalente disponible pour la production ECS indirecte par récupération thermique sur le moteur :

$$P_{ECS,LR}(h) = P_{gaz,LR}(h) \cdot \eta_{th,ecs}(h) \cdot LIM_{ECS}(h) \quad (1389)$$

Où $LIM_{ECS}(h)$ est le coefficient de limitation de la puissance de production indirecte d'ECS associé à la température limite de l'eau en sortie du moteur :

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{aval(ecs)}(h) > \theta_{ECS,max} - 5^\circ C, \text{ alors : } LIM_{ECS}(h) &= 0,0 \\ \text{Sinon, } LIM_{ECS}(h) &= MIN \left(1,0 ; \frac{MAX(0,0 ; \theta_{ECS,max} - \theta_{aval(ecs)}(h))}{\theta_{ECS,max} - \theta_{aval(ecs),nom}} \right) \end{aligned} \quad (1390)$$

Avec, par convention, $\theta_{ECS,max} = 75^\circ C$ et $\theta_{aval(ecs),nom} = 55^\circ C$. Ainsi, au-delà de $\theta_{aval,ecs}(h) = \theta_{ECS,max}$, la production indirecte d'ECS n'est plus possible.

La consommation électrique liée à la pompe de charge du circuit de production ECS n'est comptabilisée que lorsque cette fonction est activée :

$$\begin{aligned} \text{Si } P_{ECS,LR}(h) > 0,0 \text{ W, alors : } W_{pompe,ECS}(h) &= P_{pompe,ECS} \cdot (1h) \\ \text{Sinon, } W_{pompe,ECS}(h) &= 0,0 \text{ (Wh)} \end{aligned} \quad (1391)$$

8.25.3.4.6 Calcul des données de sortie

L'ensemble des sorties sont calculées comme suit à la fin de chaque appel de l'algorithme :

- Consommations d'énergie du générateur :

$$Q_{cons}(h) = P_{gaz,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (1392)$$

$$Q_{cef(id\_fonction;id\_engen)}(h) = P_{gaz,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (1393)$$

- Quantité d'énergie fournie par la machine pour le poste principal :

$$Q_{fou}(h) = P_{fou,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (1394)$$

- Quantité d'énergie restant à fournir par l'appoint ou au pas de temps suivant :

$$Q_{rest}(h) = Q_{rest\_act}(h) \cdot R_{dim} \quad (1395)$$

- Taux de charge :

$$\tau_{charge}(h) = LR(h) \quad (1396)$$

- Consommation des auxiliaires :

$$W_{aux,pro}(h) = [P_{aux,LR}(h) + W_{pompe,ECS}(h)] \cdot R_{dim} \quad (1397)$$

- Efficacité pour le poste principale :

$$\eta_{eff}(h) = GUE_{LR}(h) \text{ (} EER_{LR}(h) \text{ en refroidissement)} \quad (1398)$$

- Quantité d'énergie rejetée à la source amont :

$$\Phi_{rejet}(h) = MIN(0; P_{gaz,LR}(h) - P_{fou,LR}(h)) \cdot R_{dim} \quad (1399)$$

$$\Phi_{rejet}(h) = (P_{gaz,LR}(h) + P_{fou,LR}(h)) \cdot R_{dim} \quad (1400)$$

- Quantité d'énergie disponible pour la production ECS :

$$Q_{ecs}(h) = P_{ecs,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (1401)$$

Cette quantité d'énergie est considérée disponible pour réchauffer le ballon de stockage d'ECS au pas de temps h+1, dans la mesure où l'ordre séquentiel des calculs ne permet pas de disposer de la valeur avant d'avoir déterminée la puissance absorbée en chauffage ou refroidissement.

8.26 C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques

8.26.1 INTRODUCTION

Cette fiche décrit les auxiliaires amont des machines thermodynamiques :

- de type eau / eau et eau / air, que sont les tours de refroidissement, les boucles d'eau et les dispositifs de captage (essentiellement les pompes),
- et des machines de type air / eau et air / air, gainées ou non.

Les machines sur eau retenues sont de trois types, les machines avec une tour de refroidissement, les machines sur boucle d'eau et les machines sur sonde, mer, lacs, nappe phréatique. Dans ce dernier cas, les auxiliaires amont sont dits de 'captage'.

Les captages de type sonde comportent une pompe de réseau de captage, les captages de type eau de nappe également. Toutefois, ces derniers pouvant être équipés d'un échangeur de barrage, dans ce cas il y a une pompe supplémentaire entre la machine et l'échangeur. On distingue alors le circuit de captage proprement dit situé entre la nappe et l'échangeur et un circuit intermédiaire entre l'échangeur et la machine.

Les tours de refroidissement et les ventilateurs présents dans celles-ci sont régulés pour maintenir constante la température d'eau au départ du condenseur. De même, les pompes du circuit des tours de refroidissement fonctionnent lorsque la machine frigorifique fonctionne. Pour ces différents éléments, on fait ici l'hypothèse que le taux de charge des tours, des ventilateurs et des pompes est le même que celui de la machine frigorifique à laquelle est reliée la tour.

Par ailleurs, dans ce module, la température de l'eau en sortie d'une tour de refroidissement humide est dépendante de la température humide de l'air extérieur.

Les pompes de captage peuvent être gérées de trois façons différentes : fonctionnement permanent ou marche en cas de demande ou marche proportionnellement à la demande, cela pendant la saison de chauffage et la saison de refroidissement.

Selon la nature des machines thermodynamiques, les normes de détermination des performances intègrent tout ou partie seulement des auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement des machines, voire aucun pour les matériels gaz.

La puissance des systèmes de contrôle commande est prise en compte lors de la mesure des performances. Pour les pompes et les ventilateurs :

- Machines air / air
 - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
 - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.
- Machines air / eau
 - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
 - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.
 - comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.
- Machines sol / eau

comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur, la pompe étant généralement intégrée. Si ce n'est pas le cas, il convient d'en tenir compte dans les calculs.

- Machine sol / sol

Pas d'auxiliaires pris en compte.

- Machines sol / air

comprennent la puissance des ventilateurs, ces machines étant généralement non gainées. Si elles le sont, il convient d'en tenir compte dans les calculs.

- Machines eau / air

comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées,
comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.

En cas de condenseur séparé, la puissance électrique afférente n'est pas comptée, il convient donc d'en tenir compte dans les calculs.

- Machines eau / eau

comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.

En cas de condenseur séparé, la puissance électrique afférente n'est pas comptée, il convient donc d'en tenir compte dans les calculs.

Remarque :

Coté utilisation, deux cas se présentent :

- la détermination des COP_{nom} et des EER_{nom} intègre la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires du coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la part nécessaire à la circulation du fluide dans le réseau de distribution.

- la détermination des COP_{nom} et des EER_{nom} n'intègre pas la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la puissance totale nécessaire à la fois à la circulation du fluide dans le réseau de distribution et à vaincre les pertes de charge des échangeurs.

8.26.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 243 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur.	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique de l'air extérieur	Kg/kg as
	$id_{Mois}(j)$	Numéro du mois de l'année.	Entier
ET.	$\theta_{et}(h)$	Température de l'espace tampon associé à la source amont.	°C
Ventil.	$T_{air\_extrait}^S(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction du système de ventilation simple flux par extraction ou double flux.	°C
	$Q_{m_{air\_extrait}}$	Débit d'air extrait irrigant la source amont des machines sur air extrait	kg/s
Générateurs	$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge de la machine frigorifique au pas de temps h .	Réel
	$\Phi_{rejet}^{gnr}(h-1)$	Puissance rejetée au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W
	$P_{fou\_pc\_brut}(h)$	Puissance maximale, non compris les limites de fonctionnement, que peut fournir le générateur dans les conditions de températures amont et aval au pas de temps h .	W
	$P_{abs\_pc}(h)$	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	réel

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Générateur associé	P_{ngen}^{gnr}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur <i>gnr</i>	W	0	$+\infty$	-
	id_{type}^{gnr}	Type du générateur associé à la source amont.	Ent	1	1000	-
	$id_{fluide-amont}$	Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Autre fluide.	Ent	1	3	-
	$id_{amont-eau-type}$	Type de source amont eau du générateur : 1 : Captage, 2 : Tour de refroidissement. 3 : Boucle d'eau 4 : Eau de nappe avec échangeur de séparation	Ent	1	2	-

5 : Eau de nappe sans échangeur

Tour de refroidissement	id_{tour}	Type de tour de refroidissement : 1 : Tour humide, 2 : Tour sèche.	Ent	1	2	-
	$id_{amont-air-type}$	Type de source amont air du générateur : 1 : Air extérieur, 2 : Air ambiant de volume non-chauffé, 3 : Air extrait.	Ent	1	3	-
	$\Delta\theta_{Cond\_FR}$	Ecart de température aux bornes du condenseur en mode refroidissement.	°C	-	-	-
	$\Delta\theta_{Evap\_CH}$	Ecart de température aux bornes de l'évaporateur en mode chauffage.	°C			
	$P_{vent\_gainé}$	Machines sur air : partie de la puissance des ventilateurs correspondant aux pertes de charge des conduits dans le cas de machines sur air gainées, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.	°C	0	$+\infty$	-
	P_{pompes_tour}	Machines sur eau : partie de la puissance électrique des pompes du circuit de refroidissement correspondant aux pertes de charge des conduits.	W	0	$+\infty$	-
	P_{vent_tour}	Puissance électrique des ventilateurs de la tour.	W	0	$+\infty$	-
	$\Delta\theta_{tour}$	3) Ecart de température entre l'eau en sortie de tour humide et la température humide de l'air extérieur. 4) Ecart de température entre l'eau en sortie de tour sèche et la température de l'air extérieur.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{es\_tour\_consigne}$	Consigne de température d'eau en sortie de tour.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$id_{gest\_captage}$	Gestion des auxiliaires de captage : 1 : Marche permanente au cours de la saison de fonctionnement. 2 : Fonctionnement en cas de demande d'énergie	Ent	1	3	-
Captage	$id_{gest\_pompe\_captage\_e\_cont\_var}$	1 : fonctionnement tout ou rien 2 : fonctionnement à vitesse variable	ent	1	2	-
	$P_{pompes\_captage}$	Machines sur eau : Puissance électrique des pompes de captage, nappe, boucle. Selon le type, on compte toute la puissance ou seulement la part correspondant aux pertes de charge des conduits.	W	0	$+\infty$	-
	P_{pompes_inter}	Machines sur eau de nappe : Puissance électrique des pompes du circuit intermédiaire. Selon le type, on compte toute la puissance ou seulement la part correspondant aux pertes de charge des conduits.	W	0	$+\infty$	-
	id_{mois_mini}	N° du mois durant lequel la température d'eau de captage est la plus faible.	Entier	1	12	-

$\theta_{\min\_source}$	Température minimale annuelle de l'interface avec le sol naturel ou de l'eau de nappe	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{\max\_source}$	Température maximale annuelle de l'interface avec le sol naturel ou de l'eau de nappe	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{\min\_boucle}$	Température minimale annuelle de l'eau dans la boucle.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{\max\_boucle}$	Température maximale annuelle de l'eau dans la boucle.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Rb	Résistance thermique équivalente entre le fluide et l'interface avec le sol naturel	(K.m)/W	0	$+\infty$	-
L	Longueur du conduit de captage	m	0	$+\infty$	-
Qv_nappe_nom	débit nominal d'eau de nappe dans le circuit nappe	m ³ /h	-	-	-
Qv_inter_nom	débit total nominal de fluide (eau, eau glycolée) dans le circuit amont de la machine. Si plusieurs machines sont connectées au même échangeur, on compte le débit total.	m ³ /h	-	-	-
ρ_{inter}	masse volumique du fluide dans le circuit amont de la machine	kg/m ³	-	-	-
UA	coefficient de l'échangeur	w/K	--	-	-
Cpe_{inter}	Chaleur spécifique du fluide dans le circuit amont de la machine	J/kg/K	-	-	-
$type\_echangeur$	nature de l'échangeur de barrage : 1 : écoulements à contre courant 2 : écoulements à courants parallèles 3 : écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés	-	-	-	-
T_{air_lim}	Machines sur air extrait : - Température maximale autorisée de l'air en sortie de source amont en mode froid - Température minimale autorisée de l'air en sortie de source amont en mode chaud	°C	-	-	-
$Syst\_Thermo\_F\_R$	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement refroidissement : 3 : refroidisseurs air extrait / air neuf	entier	1	-	-
$Syst\_Thermo\_C\_H$	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement chauffage : 3 : PAC air extrait / air neuf	entier	1	-	-
$Syst\_Thermo\_E\_CS$	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ECS : 2 : PAC air extrait / eau	entier	1	-	-
$Idfougen$	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3				

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R_{dim}	Nombre de machines identiques dans le même mode	entier	1	-	

Variables internes		
	Nom	Description Unité
Tour de refroidissement	T_{charge}	Taux de charge des machines frigorifiques Réel
	$\Phi_{rejet}(h-1)$	Puissance rejetée totale par les générateurs connectés au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage W
	θ'_{as}	Température humide de l'air en sortie de tour °C
	w_{sat}	Humidité spécifique à saturation kg/kg as
	h_{sat}	Enthalpie de l'air à saturation J/kg as
	h_{ext}	Enthalpie de l'air en entrée de la tour de refroidissement. J/kg as
	$\theta_{es\_tour\_cont}$	Température d'eau en sortie de tour avant régulation °C
	θ_{es_tour}	Température d'eau en sortie de tour °C
	W_{pompes_tour}	Consommation électrique des pompes du circuit de refroidissement Wh
	W_{vent_tour}	Consommation électrique des ventilateurs de la tour. Wh
Captage	$\theta_b(j)$	Température de l'interface avec le sol naturel le jour j. °C
	$\theta_{be}(j)$	Température de l'eau dans la boucle le jour j. °C
	φ	Déphasage de la fonction de détermination de la température de captage. rad
	$W_{pompes\_captage}$	Consommation des pompes de captage Wh
Modèle du circuit d'eau	$\theta_r(h)$	Température moyenne du fluide en sortie des sondes au pas de temps actuel. °C
	$\theta_{amont}(h)$	Température amont des générateurs °C
	$W_{aux,am}$	Consommation électrique des auxiliaires amonts Wh
	Rat_{Pngen}^{gnr}	Ratio des puissances nominales -
	$Rat_{Phirejet}^{gnr}$	Ratio des puissances rejetées -
	$Q_{m\_nappe\_reel}$	Débit réel d'eau de nappe dans le circuit nappe kg/s
	$Q_{m\_inter\_reel}$	Débit réel de fluide (eau, eau glycolée) dans le circuit amont de la machine kg/s
	T_{retour_amont}	Température de retour (eau, eau glycolée) de la source amont vers la machine. °C
	NUT	Nombre d'unité de transfert de l'échangeur de barrage -

ε	efficacité de l'échangeur de barrage	-
C_{nappe}	débit énergétique dans le circuit nappe	W/K
C_{inter}	débit énergétique dans le circuit intermédiaire	W/K
$Q_{m_{air\_extrait\_act}}$	Débit d'air extrait irrigant la source amont d'une machine sur air extrait	kg/s
$P_{ech\_source\_amont\_maxi}$	Puissance maximale échangeable à la source amont des machines sur air extrait	W

Sorties

Nom	Description	Unité
$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C
$W_{aux,am}^{gnr}$	Consommation électrique des auxiliaires amont d'un générateur <i>gnr</i> .	Wh
T_{depart_amont}	Température du fluide (eau, eau glycolée) au départ de la machine vers la source amont	°C
$P_{fou\_source\_amont\_t\_maxi}$	Puissance maximale disponible par les machines sur air extrait	W

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C_v	Chaleur massique de la vapeur d'eau	J/kgK	1830
C_{pe}	Chaleur massique de l'eau	J/kgK	4180
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ₃	1000
C_a	Chaleur massique de l'air	J/kgK	1006
H_{fg}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau	J/kgK	25*10 ⁵

Tableau 243 : Nomenclature du modèle

8.26.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.26.3.1 **Calculs des ratios**

8.26.3.1.1 Calcul des ratios de puissance nominale (une fois par simulation)

En début de simulation, on calcule les ratios de puissances nominales :

$$\forall gnr Rat_{P_{ngen}}^{gnr} = \frac{P_{ngen}^{gnr}}{\sum gnr P_{ngen}^{gnr}} (Wh) \quad (1402)$$

8.26.3.1.2 Calcul des ratios de puissance rejetée (à chaque pas de temps)

Si $\phi_{rejet}(h-1) \neq 0$, on calcule à chaque pas de temps les ratios suivants :

$$\forall gnr Rat_{\phi_{rejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (1403)$$

8.26.3.2 **Calcul de la puissance rejetée totale**

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (1404)$$

8.26.3.3 **Calcul de la température amont**

La première étape de modélisation des sources amont des générateurs thermodynamiques est le calcul de la température amont de fonctionnement. Elle diffère selon le type de système et la source utilisée.

8.26.3.3.1 Générateurs sur fluide amont air ($id_{fluide-amont}^{gnr}=2$)

8.26.3.3.1.1 Air extérieur ($id_{amont-air-type}^{gnr}=1$)

La température amont est celle de l'air extérieur :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{ext}(h) (^{\circ}C) \quad (1405)$$

8.26.3.3.1.2 Air ambiant d'un volume non-chauffé ($id_{amont-air-type}^{gnr}=2$)

La température amont est la température ambiante d'un espace tampon :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{et}(h) (^{\circ}C) \quad (1406)$$

8.26.3.3.1.3 Air extrait ($id_{amont-air-type}^{gnr}=3$)

La température amont est la température d'air extrait d'un ou plusieurs groupes du projet au travers d'un système de ventilation simple flux ou double flux.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air\_extrait}^s(h) (^{\circ}C) \quad (1407)$$

8.26.3.3.2 Générateurs sur fluide amont eau ($id_{\text{fluide-amont}}^{gnr}=1$)

8.26.3.3.2.1 Circuit d'échange avec la source extérieure ($id_{\text{amont-eau-type}}^{gnr}=1, 4 \text{ ou } 5$)

Pour la prise en compte des captages de type sonde, la température de l'interface avec le sol est calculée chaque mois et suit une évolution sinusoïdale au cours de l'année.

De même, la température de l'eau de nappe suit une évolution sinusoïdale au cours de l'année.

On dispose de la température maximale, de la température minimale de l'interface avec le sol ou de l'eau de nappe ainsi que du mois pendant lequel cette température est minimale.

Evolution mensuelle de la température de l'interface avec le sol ou de l'eau de nappe :

$$\theta_b(j) = A + B \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{id_{\text{mois}}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (1408)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\theta_{\text{min\_sol}} + \theta_{\text{max\_sol}}}{2} \\ B &= \frac{\theta_{\text{max\_sol}} - \theta_{\text{min\_sol}}}{2} \\ \varphi &= \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{\text{mois\_min\_i\_sol}}}{6}\right) \end{aligned} \quad (1409)$$

φ permet de compenser le décalage entre le mois où la température de captage est la plus faible et le minimum de la courbe calculée sur une année.

Note : pour tout type de captage qui conduirait à une température constante, la modélisation peut être faite en précisant : $\theta_{\text{min\_source}} = \theta_{\text{max\_source}}$.

Captage de type sonde : ($id_{\text{amont-eau-type}}^{gnr}=1$)

La température du fluide en sortie des sondes est la suivante :

$$\theta_f(h) = \theta_b(j) + \phi_{\text{rejet}}(h - 1) \times \frac{R_b}{L} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1410)$$

Captage de type nappe avec échangeur : ($id_{\text{amont-eau-type}}^{\text{gnr}}=4$)

Les débits d'eau, qui dépendent du mode de gestion des pompes, sont les suivants :

- Si $id_{\text{gest\_captage}} = 1$: marche permanente pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

$$\begin{aligned} Q_{m\_nappe\_reel} &= Q_{v\_nappe\_nom} \times \frac{\rho_{\text{eau}}}{3600} \text{ (kg/s)} \\ Q_{m\_inter\_reel} &= Q_{v\_inter\_nom} \times \frac{\rho_{\text{inter}}}{3600} \text{ (kg/s)} \end{aligned} \quad (1411)$$

- Si $id_{\text{gest\_captage}} = 2$, marche en cas de demande pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

$$\begin{aligned} &\text{Si } \tau_{\text{charge}} = 0, \text{ alors,} \\ &Q_{m\_nappe\_reel} = 0 \text{ (kg/s)} \\ &Q_{m\_inter\_reel} = 0 \text{ (kg/s)} \\ &\text{sinon} \end{aligned} \quad (1412)$$

- Si $id_{\text{gest\_pompe\_captage\_cont\_var}} = 1$, fonctionnement tout ou rien

$$\begin{aligned} Q_{m\_nappe\_reel} &= Q_{v\_nappe\_nom} \times \frac{\rho_{\text{eau}}}{3600} \text{ (kg/s)} \\ Q_{m\_inter\_reel} &= Q_{v\_inter\_nom} \times \frac{\rho_{\text{inter}}}{3600} \text{ (kg/s)} \end{aligned} \quad (1413)$$

- Si $id_{\text{gest\_pompe\_captage\_cont\_var}} = 2$, fonctionnement à vitesse variable

$$\begin{aligned} Q_{m\_nappe\_reel} &= Q_{v\_nappe\_nom} \times \rho_{\text{eau}} \times \frac{\text{MAX}(0.3; \tau_{\text{charge}})}{3600} \text{ (kg/s)} \\ Q_{m\_inter\_reel} &= Q_{v\_inter\_nom} \times \rho_{\text{eau}} \times \frac{\text{MAX}(0.3; \tau_{\text{charge}})}{3600} \text{ (kg/s)} \end{aligned} \quad (1413)$$

Calcul de l'efficacité d'échange :

si $Q_{m\_inter\_reel} = 0$ ou si $Q_{m\_nappe\_reel} = 0$

$$T_{\text{départ}_{\text{amont}}} = T_{\text{départ}_{\text{amont}, \text{prev}}} \quad (1414)$$

sinon

$$\begin{aligned} C_{\text{nappe}} &= Q_{m\_nappe\_reel} \times C_{pe} \\ C_{\text{inter}} &= Q_{m\_inter\_reel} \times C_{pe\_inter} \end{aligned} \quad (1415)$$

$$C = \frac{\text{MIN}\{C_{\text{nappe}}, C_{\text{inter}}\}}{\text{MAX}\{C_{\text{nappe}}, C_{\text{inter}}\}} \quad (1416)$$

$$NUT = \frac{UA}{\text{MIN}\{C_{\text{nappe}}, C_{\text{inter}}\}} \quad (1417)$$

Calcul de l'efficacité de l'échangeur

Si $\text{type\_echangeur} = 1$ écoulements à contre courant

si $C = 1$

$$\varepsilon = \frac{NUT}{NUT + 1} \quad (1418)$$

sinon

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-NUT(1-C)}}{1 - C * e^{-NUT(1-C)}} \quad (1419)$$

Si type_echangeur = 2 écoulements à courants parallèles

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-NUT(1+C)}}{1 + C} \quad (1420)$$

Si type_echangeur = 3 écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{1 - e^{-NUT}} + \frac{C}{1 - e^{-NUT.C}} - \frac{1}{NUT}} \quad (1421)$$

Calcul de la température de retour amont :

$$T_{retour_{amont}} = T_{départ_{amont}}(h-1) + \varepsilon \cdot (\theta_b(j) - T_{départ_{amont}}(h-1)) \times \frac{MIN\{C_{nappe}, C_{inter}\}}{C_{inter}} \quad (1422)$$

$$\theta_f(h) = T_{retour_{amont}} \quad (1423)$$

Calcul de la température de départ pour le pas suivant :

$$T_{départ_{amont}} = T_{retour_{amont}} + \frac{\phi_{rejet}(h-1)}{Q_{m_{inter_{reel}}} \times C_{pe_{inter}}} \quad (1424)$$

Note :

Au premier pas de temps d'une saison de chauffage ou de refroidissement, $T_{départ_{amont}}$ est fixé à 12 °C et les rejets sont nuls.

Captage de type nappe sans échangeur : (id_{amont-eau-type}^{gnr}=5)

Calcul de la température de retour amont :

$$T_{retour_{amont}} = (\theta_b(j)) \quad (1425)$$

$$\theta_f(h) = T_{retour_{amont}} \quad (1426)$$

Au final, la température amont du générateur est (id_{amont-eau-type}^{gnr}=1, 4 ou 5) :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_f(h) + \frac{\Delta\theta_{cond}}{2} \quad (1427)$$

Avec

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{Cond} &= -\Delta\theta_{Cond\_CH} & si \phi_{rejet}(h-1) < 0 \\ \Delta\theta_{Cond} &= \Delta\theta_{Cond\_FR} & si \phi_{rejet}(h-1) > 0 \end{aligned}$$

$\Delta\theta_{Evap\_CH}$ et $\Delta\theta_{Cond\_FR}$ sont fixés par **défaut** à 5 K

8.26.3.3.2.2 Tours de refroidissement ($id_{\text{amont-eau-type}}^{gnr}=2$)

8.26.3.3.2.2.1 Calcul de la température humide de l'air extérieur, $Id_{\text{tour}} = 1$

La température humide de l'air en sortie de la tour, θ'_{as} , est calculée à partir de la température sèche et de l'humidité spécifique de l'air extérieur.

Il n'y a pas de relation explicite pour déterminer la température humide. Elle est résolue par itération.

Soit une valeur de température humide de l'air, θ'_{as} . Les conditions à saturation sont obtenues par les relations suivantes :

$$\begin{cases} \omega_{sat} &= 10^{-3} \times \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta'_{as} + 235.00}\right) \\ h_{sat} &= C_a \cdot \theta'_{as} + \omega_{sat} \cdot (H_{fg} + C_v \cdot \theta'_{as}) \\ C_e \cdot \theta'_{as} &= \frac{h_{sat} - h_{ext}(h)}{\omega_{sat} - \omega_{ext}(h)} \end{cases} \quad (1428)$$

que l'on peut transformer en une relation implicite sur ω_{sat} ainsi :

$$\omega_{sat} - 10^{-3} \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\frac{h_{ext} - \omega_{sat} H_{fg}}{C_e(\omega_{ext} - \omega_{sat}) + C_v \omega_{sat} + C_a} + 235.00}\right) = 0 \quad (1429)$$

où l'enthalpie de l'air en entrée de la tour (air extérieur) est donnée par:

$$h_{ext}(h) = C_a \cdot \theta_{ext}(h) + \omega_{ext}(h) \cdot (H_{fg} + C_v \cdot \theta_{ext}(h)) \quad (1430)$$

Une fois l'humidité de saturation calculée, on calcule la température d'air humide en combinant les deux dernières équations du système (1428) :

$$\theta'_{as} = \frac{\omega_{sat} H_{fg} - h_{ext}(h)}{C_e(\omega_{sat} - \omega_{ext}) - C_a - C_v \omega_{sat}} \quad (1431)$$

8.26.3.3.2.2.2 Calcul de la température d'eau en sortie d'une tour humide $Id_{\text{tour}} = 1$

Lorsque la tour fonctionne la température de sortie d'eau est la suivante :

$$\theta_{es\_tour\_cont} = \theta'_{as} + \Delta\theta_{tour} \quad (1432)$$

Compte tenu de la régulation la température réelle de sortie est la suivante :

$$\theta_{es\_tour} = \text{MAX}(\theta_{es\_tour\_cont}; \theta_{es\_tour\_consigne}) \quad (1433)$$

8.26.3.3.2.2.3 Calcul de la température d'eau en sortie d'une tour sèche, $Id_{\text{tour}} = 2$

Lorsque la tour fonctionne la température de sortie d'eau est la suivante :

$$\theta_{es\_tour\_cont} = \theta_{ext} + \Delta\theta_{tour} \quad (1434)$$

Compte tenu de la régulation la température réelle de sortie est la suivante :

$$\theta_{es\_tour} = MAX(\theta_{es\_tour\_cont}; \theta_{es\_tour\_consigne}) \quad (1435)$$

8.26.3.3.2.2.4 Calcul de la température amont

Au final, la température amont du générateur est :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{es\_tour} + \frac{\Delta\theta_{cond\_FR}}{2} \quad (1436)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{Cond} &= -\Delta\theta_{Evap\_CH} & si \phi_{rejet}(h-1) < 0 \\ \Delta\theta_{Cond} &= \Delta\theta_{Cond\_FR} & si \phi_{rejet}(h-1) > 0 \end{aligned}$$

$\Delta\theta_{Evap\_CH}$ et $\Delta\theta_{Cond\_FR}$ sont fixés par **défaut** à 5 K

8.26.3.3.2.3 *Boucles d'eau ($id_{amont-eau-type}^{gnr}=3$)*

La température de l'eau dans la boucle est calculée chaque mois et suit une évolution sinusoïdale au cours de l'année.

On dispose de la température maximale, de la température minimale de l'eau dans la boucle ainsi que du mois pendant lequel la température de l'eau dans la boucle est minimale.

Evolution mensuelle de la température de l'eau dans la boucle :

$$\theta_{be}(j) = A + B \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{id_{mois}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (1437)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\theta_{min\_sol} + \theta_{max\_sol}}{2} \\ B &= \frac{\theta_{max\_sol} - \theta_{min\_sol}}{2} \\ \varphi &= \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{mois\_mini\_sol}}{6}\right) \end{aligned} \quad (1438)$$

φ permet de compenser le décalage entre le mois où la température de captage est la plus faible et le minimum de la courbe calculée sur une année.

Au final, la température amont du générateur est :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{be}(j) + \frac{\Delta\theta_{cond}}{2} \quad (1439)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{Cond} &= -\Delta\theta_{Cond\_CH} & si \phi_{rejet}(h-1) < 0 \\ \Delta\theta_{Cond} &= \Delta\theta_{Cond\_FR} & si \phi_{rejet}(h-1) > 0 \end{aligned}$$

8.26.3.3.3 Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}(h) (^{\circ}\text{C}) \quad (1440)$$

8.26.3.4 Calcul de la consommation d'auxiliaires amonts

Le taux de charge est la moyenne pondérée des taux de charge des générateurs connectés :

$$\tau_{charge} = \sum_{gnr} \tau_{charge}^{gnr} \times Rat_{ngen}^{gnr} \quad (1441)$$

8.26.3.4.1 Générateurs sur fluide amont air (id_{fluide-amont}^{gnr}=2)

Les générateurs sur fluide amont air non gainés n'ont pas de consommations d'auxiliaires amont, celles-ci étant comprises dans la performance.

$$W_{aux,am} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1442)$$

Les générateurs sur fluide amont air gainés ont des consommations d'auxiliaires amont correspondant à la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des conduits, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.

$$W_{aux,am} = P_{vent\_gainé} \times \tau_{charge} \text{ (Wh)} \quad (1443)$$

8.26.3.4.2 Générateurs sur fluide amont eau (id_{fluide-amont}^{gnr}=1)

8.26.3.4.2.1 Circuit de captage (id_{amont-eau-type}^{gnr}=1, 3, 4 ou 5)

Il convient de prendre en compte les consommations des pompes de circuit de captage, de circuit d'eau de nappe avec ou sans échangeur et de boucle d'eau des machines frigorifiques.

Ces pompes fonctionnent en tout ou rien ou proportionnellement à la charge au condenseur de la machine frigorifique.

Le circuit de captage des machines branchées sur eau de nappe via un échangeur de barrage comprend deux pompes, l'une pour le circuit de captage et l'autre pour le circuit intermédiaire. La pompe du circuit de captage est calculée ici, la pompe du circuit intermédiaire est calculée ci-après.

Leur consommation électrique est calculée de la façon suivante :

- Si $id_{gest\_captage} = 1$: marche permanente pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

$$W_{pompes\_captage} = P_{pompes\_captage} \text{ (Wh)} \quad (1444)$$

- Si $id_{gest\_captage} = 2$, marche en cas de demande pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

Si $\tau_{charge} = 0$, alors,

$$W_{pompes\_captage} = 0 \text{ (Wh)}$$

Sinon,

- Si $id_{gest\_pompe\_captage\_cont\_var} = 1$, fonctionnement tout ou rien (1445)

$$W_{pompes\_captage} = P_{pompes\_captage} \text{ (Wh)}$$

- Si $id_{gest\_pompe\_captage\_cont\_var} = 2$, fonctionnement à vitesse variable

$$W_{pompes\_captage} = P_{pompes\_captage} \times \max(\tau_{charge}; 0.3) \text{ (Wh)}$$

8.26.3.4.2.2 Circuit intermédiaire de captage ($id_{amont-eau-type}^{gnr}=4$)

Pompe de circuit intermédiaire

- Si $id_{gest\_captage} = 1$: marche permanente pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

$$W_{pompes\_inter} = P_{pompes\_inter} \text{ (Wh)} \quad (1446)$$

- Si $id_{gest\_captage} = 2$, marche en cas de demande pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

Si $\tau_{charge} = 0$, alors,

$$W_{pompes\_inter} = 0 \text{ (Wh)}$$

Sinon,

- Si $id_{gest\_pompe\_captage\_cont\_var} = 1$, fonctionnement tout ou rien (1447)

$$W_{pompes\_inter} = P_{pompes\_inter} \text{ (Wh)}$$

- Si $id_{gest\_pompe\_captage\_cont\_var} = 2$, fonctionnement à vitesse variable

$$W_{pompes\_captage} = P_{pompes\_captage} \times \max(\tau_{charge}; 0.3) \text{ (Wh)}$$

Au final ($id_{amont-eau-type}^{gnr}=1, 3, 4$ ou 5):

$$W_{aux,am} = W_{pompes\_captage} + W_{pompes\_inter} \text{ (Wh)} \quad (1448)$$

Note : il n'apparaît pas de test sur la saison car en dehors des saisons de chauffage ou de refroidissement ce composant n'est pas appelé.

8.26.3.4.3 Tours de refroidissement ($id_{amont-eau-type}^{gnr}=2$)

Les tours de refroidissement sont utilisées en production de froid seul.

Pompes du circuit tour de refroidissement des machines frigorifiques

Ces pompes fonctionnent selon la charge au condenseur de la machine frigorifique. Leur consommation électrique est calculée de la façon suivante :

$$W_{pompes\_tour} = P_{pompes\_tour} \times \tau_{charge} \text{ (Wh)} \quad (1449)$$

Ventilateurs de la tour de refroidissement

Ces ventilateurs fonctionnent selon la charge au condenseur de la machine frigorifique. Leur consommation électrique est calculée de la façon suivante :

$$W_{vent\_tour} = P_{vent\_tour} \times \tau_{charge} \text{ (Wh)} \quad (1450)$$

Au final :

$$W_{aux,am} = W_{pompes\_tour} + W_{vent\_tour} \text{ (Wh)} \quad (1451)$$

8.26.3.4.4 Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\begin{aligned} \phi_{rejet}(h-1) \neq 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{Phirejet}^{gnr} \\ \phi_{rejet}(h-1) = 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{Pngen}^{gnr} \end{aligned} \quad (1452)$$

8.26.3.5 **Puissance maximale des machines sur air extrait : $id_{\text{fluide-amont}}^{\text{gnr}}=2$ et $id_{\text{amont-air-type}}^{\text{gnr}}=3$**

$$Qm_{\text{air\_extrait\_act}} = \frac{Qm_{\text{air\_extrait}(h)}}{Rdim} \quad (1453)$$

Dans le cas des machines sur air extrait la puissance que peut fournir la machine est limitée par la capacité d'échange de chaleur de la source amont.

si Syst_Thermo_CH = 3 et si Idfougen = 1

La quantité d'énergie maximale qui peut être échangée à la source amont est donnée par :

$$Pech\_source\_amont\_maxi = Qm_{\text{air\_extrait\_act}} * C_{pa} * \max\{0 ; (\theta_{\text{amont}(h)} - T_{\text{air\_lim}})\} \quad (1454)$$

Cela conduit à définir la puissance maximale que peut fournir la machine compte tenu de la source amont :

$$Pfou\_source\_amont\_maxi = Pech\_source\_amont\_maxi * Pfou\_pc\_brut / (Pfou\_pc\_brut - Pabs\_pc) \quad (1455)$$

si Syst_Thermo_ECS = 2 et si Idfougen = 3

Voir Syst_Thermo_CH = 3 et si Idfougen = 1.

si Syst_Thermo_FR = 3 et si Idfougen = 2

La quantité d'énergie maximale qui peut être échangée à la source amont est donnée par :

$$Pech\_source\_amont\_maxi = Qm_{\text{air\_extrait\_act}} * C_{pa} * \max\{0 ; (T_{\text{air\_lim}} - \theta_{\text{amont}(h)})\} \quad (1456)$$

Cela conduit à définir la puissance maximale que peut fournir la machine compte tenu de la source amont :

$$Pfou\_source\_amont\_maxi = Pech\_source\_amont\_maxi * Pfou\_pc\_brut / (Pfou\_pc\_brut + Pabs\_pc) \quad (1457)$$

8.27 C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques de type sol

8.27.1 INTRODUCTION

La présente fiche vise à compléter les possibilités de description des sources amont avec le type sol (pour les générateurs de types sol/eau et sol/sol)

La description ne s'adresse qu'aux générateurs thermodynamiques de chauffage ou de production d'ECS.

Selon les normes de caractérisation actuelles, les générateurs sur source sol sont testés en immergeant les couronnes de captage dans un bain d'eau glycolée à température maintenue constante. Les coefficients de performance obtenus sont exprimés dans ces conditions d'essai. Une conversion entre la température de sol au voisinages des sondes et la température de bain d'eau glycolée équivalente est donc à introduire.

Cette conversion est obtenue à partir de plusieurs points de correspondance obtenus de manière empirique.

A noter que les sources amont de type sol n'incluent pas par nature de consommation d'auxiliaires, l'ensemble des puissances nécessaires au déplacement du fluide calorifique étant intégrées aux consommations du générateur thermodynamique.

8.27.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 244 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$id_{Mois}(j)$	Numéro du mois de l'année.	Entier
$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge de la machine frigorifique au pas de temps h .	Réel
$\Phi_{rejet}^{gnr}(h-1)$	Puissance rejetée au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{fougen}	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3				
id_{type}^{gnr}	Type du générateur associé à la source amont.	Ent	1	1000	-
P_{ngen}^{gnr}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur gnr	W	0	$+\infty$	-

Type de sources amont

$id_{fluide-amont}$	Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Sol	Ent	1	3	-

Source amont de type sol

$id_{mois\_mini\_sol}$	N° du mois durant lequel la température d'interface entre le sol et les tubes de fluide frigorigène est la plus faible.	Entier	1	12	-
θ_{min_sol}	Température minimale annuelle de l'interface entre le sol et les tubes de fluide frigorigène.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{max_sol}	Température maximale annuelle de l'interface entre le sol et les tubes de fluide frigorigène.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Rb	Résistance thermique équivalente entre le fluide amont et l'évaporateur/le condenseur.	K.m/W	0	$+\infty$	-

L	Longueur du conduit de captage	m	0	$+\infty$	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\Phi_{rejet}(h-1)$	Puissance rejetée totale par les générateurs connectés au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W
$\theta_b(j)$	Température de l'interface avec le sol naturel le jour j.	°C
φ	Déphasage de la fonction de détermination de la température de captage.	rad
$\theta_r(h)$	Température moyenne du fluide en sortie des sondes au pas de temps actuel.	°C
$\theta_{amont}(h)$	Température amont des générateurs	°C
$W_{aux,am}$	Consommation électrique des auxiliaires amont	Wh

Sorties

Nom	Description	Unité
$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C
$W_{aux,am}^{gnr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires amont d'un générateur <i>gnr</i> .	Wh

Tableau 244 : Nomenclature du modèle

8.27.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.27.3.1 *Calculs des ratios*

8.27.3.1.1 Calcul des ratios de puissance nominale (une fois par simulation)

En début de simulation, on calcule les ratios de puissances nominales :

$$\forall gnr Rat_{Pngen}^{gnr} = \frac{P_{ngen}^{gnr}}{\sum gnr P_{ngen}^{gnr}} (Wh) \quad (1458)$$

8.27.3.1.2 Calcul des ratios de puissance rejetée (à chaque pas de temps)

Si $\phi_{rejet}(h-1) \neq 0$, on calcule à chaque pas de temps les ratios suivants :

$$\forall gnr Rat_{P_{hirejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (1459)$$

8.27.3.1.3 Calcul de la puissance rejetée totale

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (1460)$$

8.27.3.2 *Calcul de la température amont dans le cas d'une source sol*

La première étape de modélisation des sources amont des générateurs thermodynamiques est le calcul de la température amont de fonctionnement. Elle diffère selon le type de système et la source utilisée.

Les performances des générateurs thermodynamiques sur source sol sont déterminées par des essais où les sondes sont immergées dans un bain d'eau glycolée (à température fixée selon les conditions d'essai prévues dans le chapitre associé).

En termes de description de la source amont, l'approche consiste donc à faire le lien entre la température de sol au voisinage des sondes (qui relève du processus de dimensionnement) et la température de bain d'essai qui donnerait des performances équivalentes.

On définit $\theta_b(j)$ température de sol au voisinage des sondes. $\theta_b(j)$ est calculée mois par mois sur la base de l'hypothèse d'une variation sinusoïdale au cours de l'année :

$$\theta_b(j) = A + B \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{id_{mois}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (1461)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\theta_{min\_sol} + \theta_{max\_sol}}{2} \\ B &= \frac{\theta_{max\_sol} - \theta_{min\_sol}}{2} \end{aligned} \quad (1462)$$

$$\varphi = \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{mois\_mini\_sol}}{6} \right)$$

La température de sol en intégrant une réduction associée aux rejets de la machine (connue uniquement au pas de temps précédent) est la suivante :

$$\theta_f(h) = \theta_b(j) + \phi_{rejet}(h-1) \times \frac{R_b}{L} (^\circ C) \quad (1463)$$

A partir de cette température de sol corrigée, la correspondance avec la température de bain d'essai donnant des performances équivalentes est établie par interpolation linéaire à partir des valeurs du tableau ci-dessous :

	Températures amont principales (°C)			
Température de sol $\theta_i(h)$ (°C)	-5	0	5	10
Température de bain d'essai correspondante $\theta_{amont}(h)$ (°C)	-4	1.5	4	6.5

Tableau 245: correspondance entre la température de sol et la température d'essai de la machine sur source sol

8.27.3.2.1 Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}(h) (^\circ C) \quad (1464)$$

8.27.3.2.2 Générateurs sur fluide amont sol ($id_{fluide-amont}^{gnr}=3$)

Ce type de générateurs n'a pas de consommations d'auxiliaires de source amont.

$$W_{aux,am} = 0 (Wh) \quad (1465)$$

8.27.3.2.3 Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\begin{aligned} \phi_{rejet}(h-1) \neq 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{Phirejet}^{gnr} \\ \phi_{rejet}(h-1) = 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{Pngen}^{gnr} \end{aligned} \quad (1466)$$

8.28 C_gen Réseau de chaleur et de froid

8.28.1 INTRODUCTION

La présente fiche décrit la modélisation horaire des sous-stations de réseaux de chaleur et de refroidissement, à partir de la description qui en faite dans la norme NF EN 15316.

8.28.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 246 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
θ_{aval}	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération.	°C
Q_{req}	Demande en énergie transmise au générateur via la gestion/régulation de la génération.	Wh
R_{puis_dispo}	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible pour le chauffage.	Réel
$id_{fonction}$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le Q_{req} (1 : <i>chauffage</i> , 2: <i>refroidissement</i> , 3: <i>ECS</i>), pour les générateurs multi-fonctions.	Ent
θ_{amb}	Température d'ambiance du lieu où se trouve le générateur.	°C

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{pos}	Position du générateur : 1 : <i>En volume chauffé</i> , 0 : <i>Hors volume chauffé</i> .	Ent	0	1	
R_{dim}	Ratio de dimensionnement du générateur.	Ent	1	$+\infty$	

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_{type}	Type du générateur. 600 : <i>réseau de chaleur</i> , 601 : <i>réseau de froid</i> .	Ent	600	699	-
B_{ss}	Coefficient dépendant du type de réseau et de l'isolation des composants,		0	$+\infty$	
D_{ss}	Coefficient caractérisant le réseau		0	$+\infty$	

θ_{prs}	Température primaire de l'échangeur	°C	0	$+\infty$
P_{Ess}	Puissance d'échange de la chaufferie dans les conditions nominales	kW	0	$+\infty$

Sorties

Nom	Description	Unité
$\{Q_{cef(po;en)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur sous forme de matrice.	Wh
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
Q_{fou}	Energie fournie par le générateur.	Wh
T_{charge}	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel
Φ_{vc}	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises vers l'ambiance chauffée.	Wh
$W_{aux,pro}$	Consommations d'auxiliaire propre au générateur.	Wh
Q_{rest}	Puissance restant à fournir reportée à l'heure suivante	Wh
η_{eff}	Efficacité ou rendement du générateur.	Réel
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS à charge maximale.	Réel

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{wh,ss}$	Température de l'eau dans la partie secondaire de l'échangeur.	°C
Q_{reqact}	Puissance requise au niveau du générateur, en tenant compte de R_{dim} .	Wh
Q_{fouact}	Energie totale fournie par le générateur.	Wh
Q_{ssact}	Pertes horaires d'une sous-station	Wh
Q_{ss}	Pertes horaires de l'ensemble de sous-stations identiques.	Wh
H_{ss}	Coefficient d'échange d'une sous-station.	W/°C
θ_{ss}	Température moyenne de l'échangeur	°C

Tableau 246 : Nomenclature du modèle

8.28.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Dans le cas d'un bâtiment relié à un réseau de chaleur ou à un réseau de froid, seules les pertes de la sous-station sont prises en compte.

La présente fiche décrit les modélisations des réseaux de chaleur (type 600) et des réseaux de froid (type 601) qui sont deux types de générateur différents.

Les valeurs de id_{fougen} autorisées pour un réseau de chaleur sont :

- 1 : Chauffage
- 3 : ECS
- 4 : Chauffage et ECS

Les valeurs de id_{fougen} autorisées pour un réseau de froid sont :

- 2 : Refroidissement

8.28.3.1 Réseau de chaleur (type 600)

8.28.3.1.1 Fonctionnement en chauffage

Le modèle utilisé est celui de la norme EN 15316 partie 5-4.

On caractérise les sous-stations d'échange en fonction du niveau d'isolation de leurs composants. Ce niveau est décrit selon la norme *EN ISO 12241* qui définit des classes d'isolation. On considère dans tous les cas que le réseau primaire est isolé avec une isolation supérieure d'une classe à celle du réseau secondaire.

On considère que tous les composants de la sous-station sont isolés à l'exception des organes de régulation.

8.28.3.1.1.1 Energie fournie par le générateur

L'énergie requise sur une sous-station est calculée via le nombre de sous-stations identique R_{dim} :

$$Q_{reqact} = \frac{Q_{req}}{R_{dim}} \text{ (Wh)} \quad (1467)$$

L'énergie que peut fournir l'ensemble des sous-stations est limitée par la durée de fonctionnement à pleine encore disponible après production d'ECS.

$$Q_{fouact} = MIN (Q_{reqact} ; 1000 . R_{puisdispo} . P_{Ess}) \text{ (Wh)} \quad (1468)$$

L'énergie fournie par l'ensemble des stations identiques est la suivante :

$$Q_{fou} = R_{dim} . Q_{fouact} \text{ (Wh)} \quad (1469)$$

8.28.3.1.2 Taux de charge de la sous-station

$$T_{charge} = \frac{Q_{fouact}}{1000 . R_{puis\_dispo} . P_{Ess}} \quad (1470)$$

8.28.3.1.2.1 Calcul des pertes de la sous-station

Les pertes liées à l'ensemble des sous-stations sont calculées suivant la formule :

$$Q_{ss\_act} = R_{puisdispo} \cdot H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad (\text{Wh}) \quad (1471)$$

$$Q_{ss} = R_{dim} \cdot Q_{ss\_act} \quad (\text{Wh}) \quad (1472)$$

Avec :

H_{ss} : Coefficient d'échange d'une sous station,

θ_{ss} : Température moyenne de l'échangeur,

θ_{amb} : Température du local de l'échangeur,

$$H_{ss} = B_{ss} \cdot \left(\frac{P_{Ess}}{1000} \right)^{(1/3)} \quad (\text{W/K}) \quad (1473)$$

P_{Ess} : Puissance d'échange d'une sous-station dans les conditions nominales,

B_{ss} : Coefficient dépendant du type de réseau et de l'isolation des composants.

Les valeurs du coefficient B_{ss} dépendent des classes d'isolation des réseaux secondaires (réseaux du bâtiment) et primaire, ainsi que du type de réseau.

		Classes d'isolation des composants de la sous-station				
		Isolation réseau secondaire	4	3	2	1
		Isolation réseau primaire	5	4	3	2
Type de réseau	Eau chaude basse température	3,5	4	4,4	4,9	
	Eau chaude haute température	3,1	3,5	3 ,9	4,3	
	Vapeur basse pression	2,8	3,2	3,5	3,9	
	Vapeur haute pression	2,6	3	3,3	3,7	

Tableau 247: Coefficient B_{ss} en fonction du type d'isolation, de la catégorie d'isolation et du type de réseau

$$\theta_{wh,ss} = \theta_{aval} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1474)$$

$$\theta_{ss} = D_{ss} \cdot \theta_{prs} + (1 - D_{ss}) \cdot \theta_{wh,ss} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1475)$$

D_{ss} : Coefficient caractérisant le réseau,

θ_{prs} : Température primaire de l'échangeur,

$\theta_{wh,ss}$: Température de l'eau dans la partie secondaire de l'échangeur.

Type de réseau	Température primaire θ_{prs} (°C)	D_{ss}
Eau chaude basse température	105	0,6
Eau chaude haute température	150	0,4
Vapeur basse pression	110	0,5
Vapeur haute pression	180	0,4

Tableau 248 : Température primaire et coefficient Dss en fonction du type de réseau

8.28.3.1.3 Calcul de la consommation et de l'énergie reportée

La consommation des auxiliaires et les pertes thermiques vers l'ambiance sont prises conventionnellement nulles.

$$Q_{cons} = Q_{fou} + Q_{ss} \quad (\text{Wh}) \quad (1476)$$

$$\eta_{eff} = \frac{Q_{fou}}{Q_{cons}} \quad (-) \quad (1477)$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou} \quad (\text{Wh}) \quad (1478)$$

8.28.3.1.4 Calcul des consommations d'auxiliaires et flux thermique vers l'ambiance

La consommation d'auxiliaire de la sous-station est considérée nulle :

$$W_{aux, pro} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (1479)$$

De même on considère que l'ensemble des pertes thermiques des sous-stations se font hors volume chauffé :

$$\phi_{vc} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (1480)$$

8.28.3.1.5 Fonctionnement en ECS

La modélisation du fonctionnement du générateur en ECS est identique à celle en chauffage, excepté pour le calcul des pertes Q_{ssact} d'une sous-station.

On définit R_{fonct_ecs} , temps de fonctionnement du réseau de chaleur pour la production d'ECS.

$$R_{fonct\_ecs} = \tau_{charge} \quad (1481)$$

Si le réseau de chaleur n'est utilisé que pour l'ECS (ou hors saison de chauffe), les pertes sont comptabilisées uniquement en ECS. Dans le cas contraire, elles ne sont comptabilisées pour l'ECS que sur le temps de fonctionnement équivalent R_{fonct_ecs} .

Si $id_{ECS\_seule} = 1$, alors,

$$Q_{ssact} = H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad (\text{Wh}) \quad (1482)$$

Sinon,

$$Q_{ssact} = R_{fonct\_ecs} \cdot H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad (\text{Wh})$$

Où H_{ss} et θ_{ss} sont calculés comme en fonctionnement en chauffage (voir 8.28.3.1.2).

8.28.3.1.6 Réseau de froid (type 601)

Le calcul pour les réseaux de froid est identique à celui en chauffage, aux pertes de sous-station près.

Conventionnellement, on les considère nulles :

$$Q_{ssact} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (1483)$$

8.28.3.2 Matrice des consommations du générateur

La consommation en énergie finale du générateur est insérée dans la case correspondant à l'usage (chauffage, refroidissement ou ECS) et au type d'énergie « 60 : Réseau de fourniture d'énergie ».

En Wh	10:Gaz	20:Fioul	30:Charbon	40:Bois	50:Electricité	60:Réseau
1 : Chauffage	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			
2: Refroidiss.	$Q_{cef(2;10)}$	...				
3 : ECS	...					...

Tableau 249: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef}(\text{poste};\text{énergie})\}$

8.29 C_GEN_Calculs génération

8.29.1 INTRODUCTION

La fiche calculs génération assume les rôles suivants :

- Construction de la matrice horaire des consommations en énergie finale de la génération à partir des matrices horaires de consommations des générateurs,
- Prise en compte des consommations d'auxiliaires amont des générateurs thermodynamiques (tour de refroidissement, pompes de captage...),
- Pertes totales vers l'ambiance de l'ensemble des générateurs.
- Calcul des indicateurs de performance de la génération et des générateurs (nombre d'heure aux différents taux de charge).

8.29.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 250 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation. Les paramètres ne dépendant ni de h ni de j sont statiques au cours de la simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Générateurs (dont générateurs sur boucle d'eau)	$\{Q_{cef(poste ; énergie)^g_{nr}(h)}\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
	$W_{aux}^{gnr}(h)$	Consommation électrique globale des auxiliaires du générateur gnr .	Wh
	$Q_{fou\_ch}^{gnr}(h),$ $Q_{fou\_fr}^{gnr}(h),$ $Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h)$	Energie fournie par le générateur gnr par poste au pas de temps h .	Wh
	$Q_{prelec}^{gnr}(h)$	Energie électrique produite pas le générateur gnr au pas de temps h .	Wh
Boucles sol.	$Q_{sol}^{BS}(h)$	Energie transmise à l'échangeur de la boucle solaire au pas de temps h .	Wh
	$P_p^{BS}(h)$	Energie consommée par la pompe de la boucle solaire au pas de temps h .	Wh
Gestion/régulation de la génération	$\{Q_{cef(poste ; énergie)^g_{en}(h)}\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
	$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge du générateur gnr .	Réel
	$Q_{prelec\_tot}(h)$	Total des productions électriques de l'ensemble des générateurs de la génération.	Wh
	$Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage du groupe gr sur l'ensemble des besoins de chauffage transmis à la génération.	-
	$Rat_{bes\_fr}^{gen,gr}(h)$	Ratio des besoins de refroidissement du groupe gr sur l'ensemble des besoins de refroidissement transmis à la génération.	-
	$Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS du groupe gr sur l'ensemble des besoins d'ECS transmis à la génération.	-
	$Rat_{bes\_ch+ecs}^{gen,gr}(h)$	Ratio de répartition des besoins cumulés en chauffage et ECS du groupe gr sur l'ensemble des besoins transmis à la génération.	-

Paramètre d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$id_{fou\_sto}^{BS}$	Indicateur de fonction de la boucle solaire (par extension, de l'ensemble de stockage associé) 1 : chauffage, 3 : ECS, 4 : chauffage et ECS.	-	1	4	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$C_{ef\_ch\_m}^{gnr}, C_{ef\_fr\_m}^{gnr}, C_{ef\_ecs\_m}^{gnr}$	Consommation mensuelle en énergie finale par poste et par générateur	Wh
$C_{ep\_ch\_m}^{gnr}, C_{ep\_fr\_m}^{gnr}, C_{ep\_ecs\_m}^{gnr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire par poste et par générateur	Wh
$C_{ef\_ch}^{gnr}, C_{ef\_fr}^{gnr}, C_{ef\_ecs}^{gnr}$	Consommation annuelle en énergie finale par poste et par générateur	Wh
$C_{ep\_ch}^{gnr}, C_{ep\_fr}^{gnr}, C_{ep\_ecs}^{gnr}$	Consommation annuelle en énergie primaire par poste et par générateur	Wh
$C_{ef\_aux\_m}^{gnr}$	Consommations mensuelles en énergie finale des auxiliaires (y compris sources amonts) par générateur	Wh
$C_{ep\_aux\_m}^{gnr}$	Consommations mensuelles en énergie primaire des auxiliaires (y compris sources amonts) par générateur	Wh
$C_{ef\_aux}^{gnr}$	Consommations mensuelles en énergie finale des auxiliaires (y compris sources amonts) par générateur	Wh
$C_{ep\_aux}^{gnr}$	Consommations mensuelles en énergie primaire des auxiliaires (y compris sources amonts) par générateur	Wh
$\{C_{ef\_gaz}^{gnr}, C_{ef\_fod}^{gnr}, C_{ef\_cha}^{gnr}, C_{ef\_boi}^{gnr}, C_{ef\_ele}^{gnr}, C_{ef\_rdc}^{gnr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par générateur.	Wh
$\{C_{ep\_gaz}^{gnr}, C_{ep\_fod}^{gnr}, C_{ep\_cha}^{gnr}, C_{ep\_boi}^{gnr}, C_{ep\_ele}^{gnr}, C_{ep\_rdc}^{gnr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire (de chaud, de froid et d'ECS) par générateur.	Wh
$E_{ef\_fou\_ch}^{gnr}, E_{ef\_fou\_fr}^{gnr}, E_{ef\_fou\_ecs}^{gnr}$	Energie finale totale fournie par le générateur par poste.	Wh
$E_{ef\_prelec\_m}^{gnr}$	Energie électrique finale mensuelle produite par le générateur (cogénération).	Wh

Sorties par générateur

Sorties pédagogiques des générateurs de chauffage	$E_{ef\_prelec}^{gnr}$	Energie électrique finale annuelle totale produite par le générateur (cogénération).	Wh
	$E_{ep\_prelec\_m}^{gnr}$	Energie électrique primaire mensuelle produite par le générateur (cogénération).	Wh _{ep}
	$E_{ep\_prelec}^{gnr}$	Energie électrique primaire annuelle totale produite par le générateur (cogénération).	Wh
	$\eta_{eff\_ch\_an}^{gnr}$	COP, EER ou rendement annuels du générateur en chauffage.	Réel
	$\eta_{eff\_ecs\_an}^{gnr}$	COP, EER ou rendement annuels du générateur en ECS.	Réel
	$\eta_{eff\_fr\_an}^{gnr}$	COP, EER ou rendement annuels du générateur en refroidissement.	Réel
	$Nbh_{charge\_HF\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage hors plage de fonctionnement	Entier
	$Nbh_{charge\_0\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge nul	Entier
	$Nbh_{charge\_0\_10\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 0 et 10%	Entier
	$Nbh_{charge\_10\_20\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 10 et 20%	Entier
	$Nbh_{charge\_20\_30\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 20 et 30%	Entier
	$Nbh_{charge\_30\_40\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 30 et 40%	Entier
	$Nbh_{charge\_40\_50\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 40 et 50%	Entier
	$Nbh_{charge\_50\_60\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 50 et 60%	Entier
	$Nbh_{charge\_60\_70\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 60 et 70%	Entier
	$Nbh_{charge\_70\_80\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 70 et 80%	Entier
	$Nbh_{charge\_80\_90\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 80 et 90%	Entier
	$Nbh_{charge\_90\_100\_ch}$	Nombre d'heures d'un générateur de chauffage à un taux de charge entre 90 et 100%	Entier
Sorties pédagogiques des générateurs de refroidissement	$Nbh_{charge\_HF\_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement hors plage de fonctionnement	Entier
	$Nbh_{charge\_0\_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge nul	Entier
	$Nbh_{charge\_0\_10\_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 0 et 10%	Entier
	$Nbh_{charge\_10\_20\_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 10 et 20%	Entier

<i>Nbh_{charge}_20_30_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 20 et 30%	Entier
<i>Nbh_{charge}_30_40_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 30 et 40%	Entier
<i>Nbh_{charge}_40_50_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 40 et 50%	Entier
<i>Nbh_{charge}_50_60_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 50 et 60%	Entier
<i>Nbh_{charge}_60_70_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 60 et 70%	Entier
<i>Nbh_{charge}_70_80_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 70 et 80%	Entier
<i>Nbh_{charge}_80_90_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 80 et 90%	Entier
<i>Nbh_{charge}_90_100_fr</i>	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 90 et 100%	Entier
<i>Nbh_{charge}_HF_ecs</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS hors plage de fonctionnement	Entier
<i>Nbh_{charge}_0_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge nul	Entier
<i>Nbh_{charge}_0_10_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 0 et 10%	Entier
<i>Nbh_{charge}_10_20_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 10 et 20%	Entier
<i>Nbh_{charge}_20_30_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 20 et 30%	Entier
<i>Nbh_{charge}_30_40_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 30 et 40%	Entier
<i>Nbh_{charge}_40_50_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 40 et 50%	Entier
<i>Nbh_{charge}_50_60_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 50 et 60%	Entier
<i>Nbh_{charge}_60_70_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 60 et 70%	Entier
<i>Nbh_{charge}_70_80_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 70 et 80%	Entier
<i>Nbh_{charge}_80_90_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 80 et 90%	Entier
<i>Nbh_{charge}_90_100_ECS</i>	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 90 et 100%	Entier
<i>C_{ef_ch_m}^{gen}, C_{ef_fr_m}^{gen}, C_{ef_ecs_m}^{gen}</i>	Consommation mensuelle en énergie finale par poste et par génération	Wh
<i>C_{ep_ch_m}^{gen}, C_{ep_fr_m}^{gen}, C_{ep_ecs_m}^{gen}</i>	Consommation mensuelle en énergie primaire par poste et par génération	Wh

Calculs groupe	$C_{ef\_ch}^{gen}, C_{ef\_fr}^{gen}$ $C_{ef\_ecs}^{gen}$	Consommation annuelle en énergie finale par poste et par génération	Wh
	$C_{ep\_ch}^{gen}, C_{ep\_fr}^{gen}$ $C_{ep\_ecs}^{gen}$	Consommation annuelle en énergie primaire par poste et par génération	Wh
	$\{C_{ef\_gaz}^{gen},$ $C_{ef\_fod}^{gen},$ $C_{ef\_cha}^{gen},$ $C_{ef\_boi}^{gen},$ $C_{ef\_ele}^{gen},$ $C_{ef\_rdc}^{gen}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par génération	Wh
	$\{C_{ep\_gaz}^{gen},$ $C_{ep\_fod}^{gen},$ $C_{ep\_cha}^{gen},$ $C_{ep\_boi}^{gen},$ $C_{ep\_ele}^{gen},$ $C_{ep\_rdc}^{gen}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire (de chaud, de froid et d'ECS) par génération	Wh
	$E_{ef\_prelec\_m}^{gen}$	Energie électrique finale mensuelle produite par la génération (cogénération).	Wh
	$E_{ef\_prelec}^{gen}$	Energie électrique finale annuelle totale produite par la génération (cogénération).	Wh
	$E_{ep\_prelec\_m}^{gen}$	Energie électrique primaire mensuelle produite par la génération (cogénération).	Wh
	$E_{ep\_prelec}^{gen}$	Energie électrique primaire annuelle totale produite par la génération (cogénération).	Wh
	$C_{ef\_ch\_m}^{gen,gr},$ $C_{ef\_fr\_m}^{gen,gr},$ $C_{ef\_ecs\_m}^{gen,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale par poste, par génération et par groupe	Wh
	$C_{ep\_ch\_m}^{gen,gr},$ $C_{ep\_fr\_m}^{gen,gr},$ $C_{ep\_ecs\_m}^{gen,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire par poste, par génération et par groupe	Wh
Calc. Bât.	$C_{ef\_ch}^{gen,gr},$ $C_{ef\_fr}^{gen,gr},$ $C_{ef\_ecs}^{gen,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale par poste, par génération et par groupe	Wh
	$C_{ep\_ch}^{gen,gr},$ $C_{ep\_fr}^{gen,gr},$ $C_{ep\_ecs}^{gen,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire par poste, par génération et par groupe	Wh
	$\{C_{ef\_gaz}^{gen,gr},$ $C_{ef\_fod}^{gen,gr},$ $C_{ef\_cha}^{gen,gr},$ $C_{ef\_boi}^{gen,gr},$ $C_{ef\_ele}^{gen,gr},$ $C_{ef\_rdc}^{gen,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par génération et par groupe	Wh
	$\{C_{ep\_gaz}^{gen,gr},$ $C_{ep\_fod}^{gen,gr},$ $C_{ep\_cha}^{gen,gr},$ $C_{ep\_boi}^{gen,gr},$ $C_{ep\_ele}^{gen,gr},$ $C_{ep\_rdc}^{gen,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire (de chaud, de froid et d'ECS) par génération et par groupe	Wh
	$C_{ep\_rdch}^{gen,gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation des réseaux de chaleur pour la zone sur l'année entière.	Wh
	$C_{ep\_rdfr}^{gen,gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation des réseaux de froid pour la zone sur l'année entière.	Wh

$E_{ep\_sol\_tot}^{gen,gr}$	Energie solaire thermique annuelle cumulée pour la génération gen , répartie par groupe.	Wh
$E_{ep\_aux\_tot}^{gen,gr}$	Energie électrique primaire consommée par les auxiliaires de boucles solaires pour la génération gen , répartie par groupe.	Wh
$E_{ef\_prelec}^{gen,gr}$	Energie électrique finale annuelle totale produite par la génération attribuée au groupe gr .	Wh
$E_{ep\_prelec}^{gen,gr}$	Energie électrique primaire annuelle totale produite par la génération attribuée au groupe gr .	Wh
$C_{ep\_ch}^{gnr,gr}$, $C_{ep\_fr}^{gnr,gr}$, $C_{ep\_ecs}^{gnr,gr}$	Consommations annuelles en énergie primaire par générateur thermodynamique et par groupe.	Wh
$Q_{fou\_3postes}^{gnr}$	Energie totale fournie par chaque générateur en chauffage, refroidissement et/ou ECS sur l'année.	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\{Q_{cef(poste ; \text{énergie})}^{gen,gr}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
$\{Q_{cef(poste ; \text{énergie})}^{gnr,gr}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie du générateur gnr , répartie au niveau du groupe.	Wh
$Rat_{pelec}^{gen,gr}(h)$	Ratio de répartition de la production d'électricité de la génération par groupe.	-
$Q_{ef\_prelec}^{gen,gr}(h)$	Energie électrique finale produite par la génération attribuée au groupe gr pour le pas de temps h .	Wh
$C_{ef\_rdch}^{gen,gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation des réseaux de chaleur pour la zone sur l'année entière.	Wh
$C_{ef\_rdfr}^{gen,gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation des réseaux de froid pour la zone sur l'année entière.	Wh
$T_{charge\_ch}^{gnr}$	Taux de charge d'un générateur appartenant à la collection des générateurs de chauffage	-
$T_{charge\_fr}^{gnr}$	Taux de charge d'un générateur appartenant à la collection des générateurs de refroidissement	-
$T_{charge\_ecx}^{gnr}$	Taux de charge d'un générateur appartenant à la collection des générateurs d'ECS	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$\{Coef_{ep}(\text{énergie})\}$	Vecteur des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-

Tableau 250 : Nomenclature du modèle

8.29.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.29.3.1 Matrice des consommations horaires de la génération

8.29.3.1.1 Vecteur des coefficients d'énergie primaire

Il s'agit de la liste des coefficients permettant la transition des valeurs de consommations en énergie finale aux valeurs de consommations en énergie primaire.

	$Coef_{ep}(énergie ;1)$	$Coef_{ep}(énergie ;1)$
10 : Gaz	1	1
20 : Fioul	1	1
40 : Bois	1	1
50 :Electricité	2.3	2.3
60 : Réseau de chaleur	1	1-RatENR_rdc pour les réseaux de chaleur 1 pour les réseaux de froid

Tableau 251 : Vecteur des coefficients d'énergie primaire $\{Coef_{ep}(énergie)\}$

8.29.3.1.2 Matrice des consommations des générateurs et de la génération

Les consommations de chaque générateur (ou ballon de stockage) et génération se présentent sous la forme de la matrice du tableau ci-dessous. Les lignes représentent les différentes postes de consommations. Les colonnes correspondent aux différents types d'énergie rencontrés.

En Wh	10 : Gaz	20 : Fioul	30 :Charbon	40 : Bois	50 :Electricité	60 : Réseau de chaleur
1 : Chauffage	$Q_{cef(1 ;10)}$	$Q_{cef(1 ;20)}$	...			
2 : Refroidiss.	$Q_{cef(2 ;10)}$	...				...
3 : ECS	...				...	$Q_{cef(3 ;60)}$

Tableau 252 : Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef} (poste ;énergie)(h)\}$

8.29.3.1.3 Matrice des consommations en énergie finale par génération et par groupe

Les matrices de consommation de la génération sont ensuite réparties au niveau du groupe, au prorata des demandes en énergie en entrée de la génération. A cela s'ajoute les éventuelles consommations supplémentaires des générateurs thermodynamiques sur boucle d'eau, dont on connaît précisément le groupe de rattachement.

De ce fait, la consommation des générateurs sur boucle d'eau (ensemble G_{BE}) est au préalable déduite de la consommation du reste de la génération.

$$Q_{cef(1;énergie)}^{gen,gr}(h) = (Q_{cef(1;énergie)}^{gen}(h) - \sum_{gr \in G_{BE}} Q_{cef(1;énergie)}^{gr}(h)) \times Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h) + \sum_{gr \in G_{BE}^{gr}} Q_{cef(1;énergie)}^{gr}(h) \quad (1484)$$

$$Q_{cef(2;energie)}^{gen,gr}(h) = (Q_{cef(2;energie)}^{gen}(h) - \sum_{gnr \in G_{BE}} Q_{cef(2;energie)}^{gnr}(h)) \times Rat_{bes\_fr}^{gen,gr}(h) + \sum_{gnr \in G_{BE}^{gr}} Q_{cef(2;energie)}^{gnr}(h) \quad (1485)$$

$$Q_{cef(3;energie)}^{gen,gr}(h) = Q_{cef(3;energie)}^{gen}(h) \times Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1486)$$

8.29.3.1.4 Matrice des consommations en énergie finale par générateur thermodynamique et par groupe

Ce calcul ne concerne que les générateurs thermodynamiques ($id_{type}^{gnr}=503$ à 509). Il y a deux cas de figure :

- le générateur thermodynamique n'est pas un générateur de boucle d'eau gnr ($id_{type}^{gnr} \neq nr$ é appartient à la génération gen qui dessert le groupe gr :

$$Q_{cef(1;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(1;energie)}^{gnr}(h).Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1487)$$

$$Q_{cef(2;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(2;energie)}^{gnr}(h).Rat_{bes\_fr}^{gen,gr}(h) \quad (1488)$$

$$Q_{cef(3;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(3;energie)}^{gnr}(h).Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1489)$$

- le générateur thermodynamique de boucle d'eau gnr ($id_{type}^{gnr}=507$, appartenant à l'ensemble **G_{BE}**) est lié directement au groupe gr :

$$Q_{cef(1;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(1;energie)}^{gnr}(h) \quad (1490)$$

$$Q_{cef(2;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(2;energie)}^{gnr}(h) \quad (1491)$$

8.29.3.2 Prise en compte de la production d'électricité des générateurs

La production d'électricité des générateurs tels que les systèmes de cogénération est attribuée à chaque groupe au prorata des besoins cumulés de chauffage et d'ECS du groupe par rapport à ceux de la génération.

Si $Q_{ch\_req\_sr\_tot}(h) + Q_{ecs\_req\_sr\_tot}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{pelec}^{gen,gr}(h) = \frac{Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) + Q_{req,ecs}^{gen,gr}(h)}{Q_{req\_tot\_sr\_ch}^{gen}(h) + Q_{req\_tot\_sr\_ecs}^{gen}(h)} \quad (1492)$$

Sinon,

$$Rat_{pelec}^{gen,gr}(h) = \frac{\sum_{dp \rightarrow gr} (A_{dess\_ch}^{dp} \times Rat_{bes\_ch}^{dp,gr}(h)) + \sum_{dp-e \rightarrow gr} (A_{dess\_ecs}^{dp-e} \times Rat_{bes\_ecs}^{dp,gr}(h))}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess\_ch}^{dp} + \sum_{dp-e \leftarrow gen} A_{dess\_ecs}^{dp-e}}$$

$$Q_{ef\_prelec}^{gen,gr}(h) = Q_{prelec\_tot}^{gen}(h).Rat_{bes\_ch+ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1493)$$

8.29.3.3 Consommations en énergies finale et primaire de chauffage

8.29.3.3.1 Par générateur

Les consommations totales par poste s'obtiennent par sommation des termes de chaque ligne de la matrice des consommations.

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_ch\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) \quad (1494)$$

$$C_{ep\_ch\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_ch}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ch\_m}^{gnr} \quad (1495)$$

$$C_{ep\_ch}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ch\_m}^{gnr}$$

8.29.3.3.2 Par générateur et par groupe

Ce résultat ne concerne que les générateurs thermodynamiques ($id_{type}^{gnr}=503$ à 509) et n'est exprimé que sous forme annuelle en énergie primaire :

$$C_{ep\_ch}^{gnr,gr} = \sum_{h=1}^{8760} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gnr,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1496)$$

8.29.3.3.3 Par génération

Les consommations totales par poste s'obtiennent par sommation des termes de chaque ligne de la matrice des consommations.

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_ch\_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{gen}(h) \quad (1497)$$

$$C_{ep\_ch\_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gen}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_ch}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ch\_m}^{gen} \quad (1498)$$

$$C_{ep\_ch}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ch\_m}^{gen}$$

8.29.3.3.4 Par génération et par groupe

Les consommations totales par poste s'obtiennent par sommation des termes de chaque ligne de la matrice des consommations.

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_ch\_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{gen,gr}(h)$$

$$C_{ep\_ch\_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gen,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1499)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_ch}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ch\_m}^{gen,gr}$$

$$C_{ep\_ch}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ch\_m}^{gen,gr}$$
(1500)

8.29.3.4 Consommations en énergies finale et primaire de refroidissement

8.29.3.4.1 Par générateur

Les consommations totales par poste s'obtiennent par sommation des termes de chaque ligne de la matrice des consommations.

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_fr\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h)$$

$$C_{ep\_fr\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1501)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_fr}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_fr\_m}^{gnr}$$

$$C_{ep\_fr}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_fr\_m}^{gnr}$$
(1502)

8.29.3.4.2 Par générateur et par groupe

Ce résultat ne concerne que les générateurs thermodynamiques ($id_{type}^{gnr}=503$ à 509) et n'est exprimé que sous forme annuelle en énergie primaire :

$$C_{ep\_fr}^{gnr,gr} = \sum_{h=1}^{8760} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gnr,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1503)

8.29.3.4.3 Par génération

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_fr\_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(2;en)}^{gen}(h)$$

$$C_{ep\_fr\_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gen}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1504)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_fr}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_fr\_m}^{gen}$$

$$C_{ep\_fr}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_fr\_m}^{gen}$$
(1505)

8.29.3.4.4 Par génération et par groupe

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_fr\_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(2;en)}^{gen,gr}(h)$$

$$C_{ep\_fr\_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gen,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1506)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_fr}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_fr\_m}^{gen,gr}$$

$$C_{ep\_fr}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_fr\_m}^{gen,gr}$$
(1507)

8.29.3.5 *Consommations en énergies finale et primaire de production d'ECS*

8.29.3.5.1 Par générateur

Les consommations totales par poste s'obtiennent par sommation des termes de chaque ligne de la matrice des consommations.

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_ecs\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h)$$

$$C_{ep\_ecs\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1508)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_ecs}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{gnr}$$

$$C_{ep\_ecs}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{gnr}$$
(1509)

8.29.3.5.2 Par générateur et par groupe

Ce résultat ne concerne que les générateurs thermodynamiques ($id_{type}^{gr}=503$ à 509) et n'est exprimé que sous forme annuelle en énergie primaire :

$$C_{ep\_ecs}^{gr,gr} = \sum_{h=1}^{8760} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{gr,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1510)$$

8.29.3.5.3 Par génération

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_ecs\_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{gen}(h)$$

$$C_{ep\_ecs\_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef\_ch(3;en)}^{gen}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1511)$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_ecs}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{gen}$$

$$C_{ep\_ecs}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{gen} \quad (1512)$$

8.29.3.5.4 Par génération et par groupe

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef\_ecs\_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{gen,gr}(h)$$

$$C_{ep\_ecs\_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef\_ch(3;en)}^{gen,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1513)$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef\_ecs}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{gen,gr}$$

$$C_{ep\_ecs}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{gen,gr} \quad (1514)$$

8.29.3.6 Production d'électricité (cogénération)

8.29.3.6.1 Par générateur

- Sous forme de résultats mensuels :

$$E_{ef\_prelec\_m}^{gr} = \sum_{h \in mois} Q_{prelec}^{gr}(h)$$

$$E_{ep\_prelec\_m}^{gr} = E_{ef\_prelec}^{gr} \cdot Coef_{ep(50)} \quad (1515)$$

- Sous forme de résultats annuels :

$$\begin{cases} E_{ef\_prelec}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} E_{ef\_prelec\_m}^{gnr} \\ E_{ep\_prelec}^{gnr} = E_{ef\_prelec}^{gnr} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1516)$$

8.29.3.6.2 Par génération

- Sous forme de résultats mensuels :

$$\begin{cases} E_{ef\_prelec\_m}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} E_{ef\_prelec\_m}^{gnr} \\ E_{ep\_prelec\_m}^{gen} = E_{ef\_prelec\_m}^{gen} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1517)$$

- Sous forme de résultats annuels :

$$\begin{cases} E_{ef\_prelec}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} E_{ef\_prelec}^{gnr} \\ E_{ep\_prelec}^{gen} = E_{ef\_prelec}^{gen} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1518)$$

8.29.3.6.3 Par génération et par groupe

$$\begin{cases} E_{ef\_prelec}^{gen,gr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{ef\_prelec}^{gen,gr}(h) \\ E_{ep\_prelec}^{gen,gr} = E_{ef\_prelec}^{gen,gr} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1519)$$

8.29.3.7 *Bilan de l'énergie solaire et électrique des boucles solaires par génération et par groupe*

Afin de déterminer la part d'énergie renouvelable de chaque bâtiment, on calcule pour chaque génération les énergies solaires et électriques des boucles solaires. On les répartie ensuite au prorata des besoins des différents groupes desservis. Les ratios utilisés (chauffage, ECS ou chauffage et ECS) sont fonction du id_{fousto} du système de stockage comprenant la boucle solaire :

$$\begin{aligned} E_{ep\_sol\_tot}^{gen,gr} &= \sum_{\substack{BS \in gen \\ id\_fou\_sto=1}} Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h) \cdot Q_{sol}^{BS}(h) + \sum_{\substack{BS \in gen \\ id\_fou\_sto=3}} Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h) \cdot Q_{sol}^{BS}(h) \\ &+ \sum_{\substack{BS \in gen \\ id\_fou\_sto=4}} Rat_{bes\_ch+ecs}^{gen,gr}(h) \cdot Q_{sol}^{BS}(h) \\ E_{ep\_aux\_tot}^{gen,gr} &= Coef_{ep(50)} \cdot \left(\sum_{\substack{BS \in gen \\ id\_fou\_sto=1}} Rat_{bes\_ch}^{gen,gr}(h) \cdot P_p^{BS}(h) + \sum_{\substack{BS \in gen \\ id\_fou\_sto=3}} Rat_{bes\_ecs}^{gen,gr}(h) \cdot P_p^{BS}(h) \right. \\ &\left. + \sum_{\substack{BS \in gen \\ id\_fou\_sto=4}} Rat_{bes\_ch+ecs}^{gen,gr}(h) \cdot P_p^{BS}(h) \right) \end{aligned} \quad (1520)$$

8.29.3.8 *Sorties complémentaires par générateur*

8.29.3.8.1 Energie totale fournie par générateur sur l'année

Pour chaque générateur, $Q_{fou\_3postes}^{gnr}$ représente l'énergie totale fournie en chauffage, refroidissement et/ou ECS sur l'année.

$$Q_{fou\_3postes}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} (Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) + Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) + Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h)) \quad (1521)$$

8.29.3.8.2 Nombre d'heures des générateurs à chaque taux de charge

8.29.3.8.2.1 Pour les générateurs de chauffage

Pour tous les générateurs appartenant à la collection des générateurs de chaud ($Id_{fonction}=1$), le nombre d'heure du générateur à chaque taux de charge, calculé à chaque pas de temps, s'exprime alors de la manière suivante.

Au premier pas de temps, toutes les variables ci-dessous sont initialement nulles.

Si $Aut_{ch}(j) \neq 1$, $nbh_{charge\_HF\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_HF\_ch}^{gnr} + 1$

Sinon

Si $0\% = \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge\_0\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_0\_ch}^{gnr} + 1$

Si $0\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 10\%$, $nbh_{charge\_0\_10\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_0\_10\_ch}^{gnr} + 1$

Si $10\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 20\%$, $nbh_{charge\_10\_20\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_10\_20\_ch}^{gnr} + 1$

Si $20\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 30\%$, $nbh_{charge\_20\_30\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_20\_30\_ch}^{gnr} + 1$

Si $30\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 40\%$, $nbh_{charge\_30\_40\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_30\_40\_ch}^{gnr} + 1$ (1522)

Si $40\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 50\%$, $nbh_{charge\_40\_50\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_40\_50\_ch}^{gnr} + 1$

Si $50\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 60\%$, $nbh_{charge\_50\_60\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_50\_60\_ch}^{gnr} + 1$

Si $60\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 70\%$, $nbh_{charge\_60\_70\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_60\_70\_ch}^{gnr} + 1$

Si $70\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 80\%$, $nbh_{charge\_70\_80\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_70\_80\_ch}^{gnr} + 1$

Si $80\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) < 90\%$, $nbh_{charge\_80\_90\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_80\_90\_ch}^{gnr} + 1$

Si $90\% \leq \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge\_90\_100\_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_90\_100\_ch}^{gnr} + 1$

$$\text{Avec } \tau_{charge\_ch}^{gnr}(h) = \begin{cases} \tau_{charge}(h) & \text{si } id_{fougen} = 1 \\ \frac{\tau_{charge}(h) - R_{fonc\_ECS}^{gnr} * 100\%}{1 - R_{fonc\_ECS}^{gnr}} & \text{si } id_{fougen} = 4 \\ \tau_{charge}(h) & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a\_refoidi} = 0 \\ 0 & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a\_refoidi} = 1 \end{cases}$$

8.29.3.8.2.2 Pour les générateurs de refroidissement

Pour tous les générateurs appartenant à la collection des générateurs de refroidissement (lorsque $Id_{fonction}=2$), le nombre d'heure du générateur à chaque taux de charge, calculé à chaque pas de temps, s'exprime alors de la manière suivante.

Au début du premier pas de temps, toutes les variables ci-dessous sont initialement nulles.

$$\text{Si } Aut_{fr}(j) \neq 1, nbh_{charge\_HF\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_HF\_fr}^{gnr} + 1$$

Sinon

$$\text{Si } 0\% = \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h), nbh_{charge\_0\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_0\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 0\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 10\%, nbh_{charge\_0\_10\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_0\_10\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 10\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 20\%, nbh_{charge\_10\_20\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_10\_20\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 20\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 30\%, nbh_{charge\_20\_30\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_20\_30\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 30\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 40\%, nbh_{charge\_30\_40\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_30\_40\_fr}^{gnr} + 1$$

(1523)

$$\text{Si } 40\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 50\%, nbh_{charge\_40\_50\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_40\_50\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 50\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 60\%, nbh_{charge\_50\_60\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_50\_60\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 60\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 70\%, nbh_{charge\_60\_70\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_60\_70\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 70\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 80\%, nbh_{charge\_70\_80\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_70\_80\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 80\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) < 90\%, nbh_{charge\_80\_90\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_80\_90\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 90\% \leq \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h), nbh_{charge\_90\_100\_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_90\_100\_fr}^{gnr} + 1$$

$$\text{Avec } \tau_{charge\_fr}^{gnr}(h) = \begin{cases} \tau_{charge}(h) & \text{si } id_{fougen} = 2 \\ 0 & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a\_refoidi} = 0 \\ \tau_{charge}(h) & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a\_refoidi} = 1 \end{cases}$$

8.29.3.8.2.3 Pour les générateurs d'ECS

Pour tous les générateurs appartenant à la collection des générateurs d'ECS (lorsque $Id_{fonction} = 3$), le nombre d'heure du générateur à chaque taux de charge, calculé à chaque pas de temps, s'exprime alors de la manière suivante.

Au début du premier pas de temps, toutes les variables ci-dessous sont initialement nulles.

$$\text{Si } Id_{encl}(j) \neq 1, nbh_{charge\_HF\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_HF\_ecs}^{gnr} + 1$$

Sinon

$$\text{Si } 0\% = \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h), nbh_{charge\_0\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_0\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 0\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 10\%, nbh_{charge\_0\_10\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_0\_10\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 10\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 20\%, nbh_{charge\_10\_20\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_10\_20\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 20\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 30\%, nbh_{charge\_20\_30\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_20\_30\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 30\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 40\%, nbh_{charge\_30\_40\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_30\_40\_ecs}^{gnr} + 1$$

(1524)

$$\text{Si } 40\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 50\%, nbh_{charge\_40\_50\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_40\_50\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 50\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 60\%, nbh_{charge\_50\_60\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_50\_60\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 60\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 70\%, nbh_{charge\_60\_70\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_60\_70\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 70\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 80\%, nbh_{charge\_70\_80\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_70\_80\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 80\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) < 90\%, nbh_{charge\_80\_90\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_80\_90\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Si } 90\% \leq \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h), nbh_{charge\_90\_100\_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge\_90\_100\_ecs}^{gnr} + 1$$

$$\text{Avec } \tau_{charge\_ecs}^{gnr}(h) = \begin{cases} \tau_{charge}^{gnr}(h) & \text{si } id_{fougen} = 3 \\ R_{fonc\_ECS}^{gnr} & \text{si } id_{fougen} = 4 \end{cases}$$

8.29.3.8.3 Efficacités ou rendements annuels

Le calcul des efficacités annuelles nécessitent de connaître le total annuel d'énergie fourni par générateur et par poste :

$$\begin{cases} E_{ef\_fou\_ch}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) \\ E_{ef\_fou\_fr}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{fou\_fr}^{gnr}(h) \\ E_{ef\_fou\_ecs}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{fou\_ecs}^{gnr}(h) \end{cases} \quad (1525)$$

$$\begin{cases} \eta_{eff\_ch\_an}^{gnr} = \frac{E_{ef\_fou\_ch}^{gnr}}{C_{ef\_ch}^{gnr}} \\ \eta_{eff\_fr\_an}^{gnr} = \frac{E_{ef\_fou\_fr}^{gnr}}{C_{ef\_fr}^{gnr}} \\ \eta_{eff\_ecs\_an}^{gnr} = \frac{E_{ef\_fou\_ecs}^{gnr}}{C_{ef\_ecs}^{gnr}} \end{cases} \quad (1526)$$

Note : ces efficacités annuelles représentent le COP ou l'EER annuel pour les générateurs thermodynamiques, et le rendement pour les autres types de générateurs.

8.29.3.8.4 Consommations d'auxiliaires annuelle et mensuelle

- Résultats mensuels :

$$\begin{cases} C_{ef\_aux\_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} W_{aux}^{gnr}(h) \\ C_{ep\_aux\_m}^{gnr} = C_{ef\_aux\_m}^{gnr} \times Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1527)$$

- Résultats annuels :

$$\begin{cases} C_{ef\_aux}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_aux\_m}^{gnr} \\ C_{ep\_aux}^{gnr} = C_{ef\_aux}^{gnr} \times Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1528)$$

8.29.3.9 Consommations en énergie finale et primaire par type d'énergie

8.29.3.9.1 Par générateurs

Les consommations par type d'énergie et par génération s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{gnr}(h)) \quad (1529)$$

$$C_{ef\_fod}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{gnr}(h)) \quad (1530)$$

$$C_{ef\_cha}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{gnr}(h)) \quad (1531)$$

$$C_{ef\_boi}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{gnr}(h)) \quad (1532)$$

$$C_{ef\_ele}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{gnr}(h)) \quad (1533)$$

$$C_{ef\_rdc}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{gnr}(h)) \quad (1534)$$

$$C_{ep\_gaz}^{gnr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{gnr} \quad (1535)$$

$$C_{ep\_fod}^{gnr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{gnr} \quad (1536)$$

$$C_{ep\_cha}^{gnr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{gnr} \quad (1537)$$

$$C_{ep\_boi}^{gnr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{gnr} \quad (1538)$$

$$C_{ep\_ele}^{gnr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{gnr} \quad (1539)$$

$$C_{ep\_rdc}^{gnr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{gnr} \quad (1540)$$

8.29.3.9.2 Par génération

Les consommations par type d'énergie et par génération s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{gen}(h)) \quad (1541)$$

$$C_{ef\_fod}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{gen}(h)) \quad (1542)$$

$$C_{ef\_cha}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{gen}(h)) \quad (1543)$$

$$C_{ef\_boi}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{gen}(h)) \quad (1544)$$

$$C_{ef\_ele}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{gen}(h)) \quad (1545)$$

$$C_{ef\_rdc}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{gen}(h)) \quad (1546)$$

$$C_{ep\_gaz}^{gen} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{gen} \quad (1547)$$

$$C_{ep\_fod}^{gen} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{gen} \quad (1548)$$

$$C_{ep\_cha}^{gen} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{gen} \quad (1549)$$

$$C_{ep\_boi}^{gen} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{gen} \quad (1550)$$

$$C_{ep\_ele}^{gen} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{gen} \quad (1551)$$

$$C_{ep\_rdc}^{gen} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{gen} \quad (1552)$$

8.29.3.9.3 Par génération et par groupe

Les consommations par type d'énergie et par génération, pour un groupe, s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;10)}^{gen,gr}(h)) \quad (1553)$$

$$C_{ef\_fod}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;20)}^{gen,gr}(h)) \quad (1554)$$

$$C_{ef\_cha}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;30)}^{gen,gr}(h)) \quad (1555)$$

$$C_{ef\_boi}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;40)}^{gen,gr}(h)) \quad (1556)$$

$$C_{ef\_ele}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;50)}^{gen,gr}(h)) \quad (1557)$$

$$C_{ef\_rdc}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;60)}^{gen,gr}(h)) \quad (1558)$$

$$C_{ep\_gaz}^{gen,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{gen,gr} \quad (1559)$$

$$C_{ep\_fod}^{gen,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{gen,gr} \quad (1560)$$

$$C_{ep\_cha}^{gen,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{gen,gr} \quad (1561)$$

$$C_{ep\_boi}^{gen,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{gen,gr} \quad (1562)$$

$$C_{ep\_ele}^{gen,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{gen,gr} \quad (1563)$$

$$C_{ep\_rdc}^{gen,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{gen,gr} \quad (1564)$$

Pour les réseaux de chaleur et de froid, on décompose également ce dernier calcul :

$$C_{ef\_rdch}^{gen,gr} = \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(1;60)}^{gen,gr}(h) + Q_{cef(3;60)}^{gen,gr}(h)) \quad (1565)$$

$$C_{ef\_rdfr}^{gen,gr} = \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(2;60)}^{gen,gr}(h)) \quad (1566)$$

$$C_{ep\_rdch}^{gen,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdch}^{gen,gr} \quad (1567)$$

$$C_{ep\_rdfr}^{gen,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdfr}^{gen,gr} \quad (1568)$$

8.30 C_GEN_Echangeur_Geocooling

8.30.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme traite de la prise en compte du geocooling dans le cas d'un bâtiment climatisé. Dans ce cas de figure, le geocooling est pris en compte de manière simplifiée au travers d'un générateur de refroidissement équivalent, prenant en compte ou non l'échangeur thermique entre la source amont (géostucture, nappe souterraine...) et le réseau d'eau du bâtiment. En modélisant une génération « en cascade », on représente l'association de l'échangeur de geocooling avec un groupe frigorifique (eau/eau, air/eau, sous-station de réseau de froid urbain...) partageant le même réseau de distribution/émission. Dans le cas où il n'y a pas d'échangeur de géocooling, on représente directement l'association de la géostructure avec ce même groupe frigorifique partageant le même circuit d'eau. L'utilisation du geocooling suppose dans tous les cas que les émetteurs de refroidissement fonctionnent à un régime d'eau permettant une température retour élevée (par exemple 20°C).

L'association entre geocooling et générateur de refroidissement supplémentaire en série se présente généralement de la manière suivante :

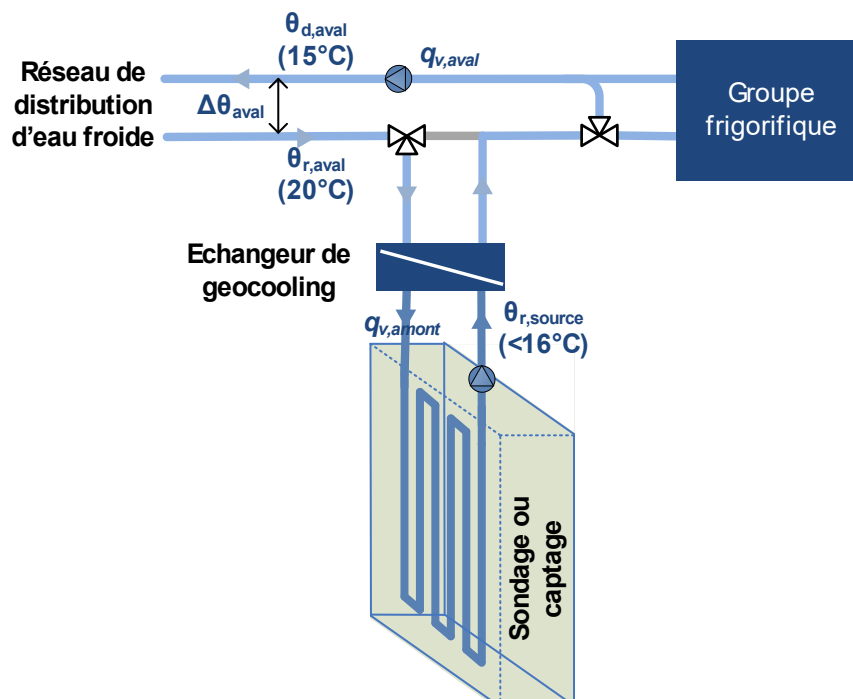


Figure 173: association d'un échangeur de geocooling et d'un groupe frigorifique

Dans le cas où il n'y a pas d'échangeur de géocooling, le bloc représentant celui-ci est absent du schéma.

On identifie deux types d'association possible :

- 1) Si l'échangeur est présent :
 - **1^{er} cas « base + complément »** : le geocooling refroidit l'eau partiellement de quelques degrés, et un générateur de refroidissement vient compléter jusqu'à la température départ voulue (par exemple 15°C).
 - **2^{ème} cas « alterné »** : le geocooling est utilisé lorsque sa puissance est suffisante pour refroidir le bâtiment. S'il s'avère insuffisant, on bypass l'échangeur et on utilise uniquement le second générateur de refroidissement. Cela suppose que ce dernier peut couvrir seul les besoins de refroidissement du bâtiment. Ce type d'association devra être utilisé dans le cas

où le générateur de refroidissement complémentaire est un générateur thermodynamique partageant la même source que le geocooling.

Dans les deux cas, si le geocooling s'arrête à cause de la température de source, le générateur de refroidissement complémentaire prend le relai seul. L'échangeur de geocooling est systématiquement prioritaire par rapport aux autres générateurs de froid.

2) S'il n'y a pas d'échangeur :

- **1^{er} cas « base + complément »** : le geocooling refroidit l'eau partiellement de quelques degrés, et un générateur de refroidissement vient compléter jusqu'à la température départ voulue (par exemple 15°C). C'est le même fonctionnement que dans le premier cas.
- **2^{ème} cas « alterné »** : le geocooling est utilisé lorsque sa puissance est suffisante pour refroidir le bâtiment. S'il s'avère insuffisant, on utilise uniquement le second générateur de refroidissement. Cela suppose que ce dernier peut couvrir seul les besoins de refroidissement du bâtiment. Ce type d'association devra être utilisé dans le cas où le générateur de refroidissement complémentaire est un générateur thermodynamique partageant la même source que le geocooling.

Dans les deux cas, si le geocooling s'arrête à cause de la température de source, le générateur de refroidissement complémentaire prend le relai seul.

8.30.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 253 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unit é			
$\theta_{\text{amont}}(\text{h})$	Température de source amont géothermique	°C			
$\theta_{\text{aval}}(\text{fr})(\text{h})$	Température aval du générateur (température moyenne départ/retour réseau d'eau froide du bâtiment)	°C			
$W_{\text{aux,am}}(\text{h})$	Consommation électrique des circulateurs de la source amont géothermique	W			
$Q_{\text{req,fr}}(\text{h})$	Besoin énergétique pour le refroidissement	Wh			
$\theta_{\text{amb}}(\text{h})$	Température ambiante pour le calcul des pertes thermiques du générateur	°C			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unit é	Min	Max	Con v
$q_{\text{v,aval,nom}}$	Débit volumique d'eau froide nominal de la production d'eau froide	m³/h	0	$+\infty$	
$\Delta\theta_{\text{aval}}$	Ecart de température départ-retour nominal de la production d'eau froide	°C	0	8	
$q_{\text{v,amont,nom}}$	Débit volumique nominal circulant dans l'échangeur de geocooling côté source amont	m³/h	0	$+\infty$	

$\Delta\theta_{\text{amont}}$	Ecart de température nominal aux bornes de l'échangeur côté source amont	°C	0	8
$\theta_{r,\text{source},\text{lim}}$	Température limite de retour d'eau côté source pour la désactivation de la fonction geocooling	°C	0	25
$UA_{\text{geo},\text{nom}}$	Coefficient de transfert thermique de l'échangeur de geocooling aux débits nominaux de part et d'autre	W/K	0	$+\infty$
$P_{\text{cprim},\text{nom}}$	Puissance du circulateur du circuit primaire associée à l'échangeur de geocooling (le cas échéant)	W	0	$+\infty$

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$Is\_Echangeur\_Intermediaire$	Indicateur précisant la présence ou non de l'échangeur de géocooling entre le circuit d'eau des capteurs géothermiques et le circuit d'eau du bâtiment : 0 : Non 1 : Oui	-	0	1	
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Refroidissement</i> : 2	Ent	0	6	2
id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité</i> : 5	Ent	1	6	5
$id_{\text{fluide\_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	1
$id_{\text{fluide\_amont}}$	Nature de la source amont : 1 : eau	Ent	1	3	1
R_{dim}	Nombre de générateur identique	Ent	1	$+\infty$	1
$Type\_Association$	Type d'association avec les autres générateurs de froid: 0 - Base et complément, 1 - Alterné	Ent	0	1	0

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{\text{fou}}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{\text{cef}}(h)\}$	Matrice des consommations par poste et par type d'énergie	Wh
$W_{\text{aux},\text{pro}}(h)$	Consommation d'auxiliaire propre au générateur (hors source amont)	Wh
$P_{\text{n},\text{gen},\text{fr}}$	Puissance de refroidissement de l'échangeur de geocooling dans les conditions nominales	W
$Q_{\text{rest}}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$\Phi_{\text{rejet}}(h)$	Quantité d'énergie rejetée à la source amont (générateur thermodynamique)	Wh

$\tau_{charge}(h)$	Taux de charge du générateur	-
$\eta_{eff}(h)$	Efficacité du générateur en énergie finale	-

Variables internes

Nom	Description	Unit é
$P_{max}(h)$	Puissance de refroidissement maximale au pas de temps h	W
$\theta_{d,aval,pc}(h)$	Température de départ aval de l'échangeur à plein débit côté source	°C
$\theta_{r,aval}(h)$	Température de retour aval de l'échangeur	°C
$\theta_{d,amont}(h)$	Température de départ amont de l'échangeur	°C
$\theta_{r,amont}(h)$	Température de retour amont de l'échangeur	°C
$q_{v,aval}(h)$	Débit volumique d'eau dans l'échangeur de geocooling (ou dans le circuit hydraulique s'il n'y a pas d'échangeur) côté distribution	m³/h
$q_{v,amont}(h)$	Débit volumique d'eau dans l'échangeur de geocooling (ou dans le circuit hydraulique s'il n'y a pas d'échangeur) côté source amont	m³/h
$Is\_On(h)$	Indicateur booléen d'activation possible du geocooling au pas de temps h	Bool
$\epsilon_{geo}(h)$	Efficacité de l'échangeur de geocooling au pas de temps h	-
$NUT(h)$	Coefficient caractéristique adimensionnel NUT de l'échangeur de geocooling au pas de temps h	-
$C(h)$	Rapport de déséquilibre des débits énergétiques de l'échangeur de geocooling	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_e	Masse volumique de l'eau	kg/m³	1000
c_e	Capacité calorifique massique de l'eau	J/(kg.K)	4190

Tableau 253 : Nomenclature des différentes variables du modèle

8.30.3 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

Les différentes étapes de l'algorithme sur un pas de temps sont présentées de manière séquentielle dans les paragraphes ci-dessous.

8.30.3.1 *Détermination du type d'installation de géocooling*

La première étape consiste à déterminer le type d'installation de géocooling, à savoir si un échangeur intermédiaire est présent ou non dans celle-ci. Cette première étape permet de calculer l'indicateur « Is_Echangeur_Geo » qui définit si un échangeur intermédiaire est présent ou non dans le système de géocooling.

Si un échangeur de géocooling est présent, on obtient la valeur suivante :

$$Is\_Echangeur\_Intermediaire = 1 \quad (1569)$$

Sinon, on obtient la valeur suivante :

$$Is\_Echangeur\_Intermediaire = 0 \quad (1570)$$

8.30.3.2 *Calcul des températures retour de distribution et de source*

En deuxième étape, on estime les températures entrant dans l'échangeur de géocooling de part et d'autre (ou entrant dans le réseau de captage et sortant de celui-ci) :

- la température retour côté bâtiment à partir de la température aval du générateur. Pour rappel, cette dernière est par définition la moyenne des températures départ et retour de distribution d'eau froide. Par ailleurs, on ne connaît pas l'écart de température $\Delta\theta_{aval}$ au niveau des générateurs. On suppose par conséquent un fonctionnement de la génération $\Delta\theta_{aval}$ constant et débit variable au niveau de la génération. Ainsi :

$$\theta_{r,aval}(h) = \theta_{aval}(h) + \frac{\Delta\theta_{aval}}{2} \quad (1571)$$

- la température retour côté source à partir de la température amont. Le principe est le même que pour la température aval :

$$\theta_{r,amont}(h) = \theta_{amont}(h) - \frac{\Delta\theta_{amont}}{2} \quad (1572)$$

Ces équations sont identiques dans le cas où il n'y a pas d'échangeur de géocooling.

8.30.3.3 *Condition d'activation sur la température retour de source amont*

L'étape suivante consiste à vérifier que la condition d'activation du point de vue de la température retour de la source amont $\theta_{r,amont}(h)$. Cette dernière doit être inférieure à la consigne limite $\theta_{r,source,lim}$. Cette dernière doit prendre en compte l'effet de pincement au niveau de l'échangeur de géocooling (si celui-ci est présent dans l'installation) et la limite réelle imposée pour permettre une régénération de la ressource géothermique au fil de l'année.

$$\begin{aligned} &\text{Si } \theta_{r,amont}(h) < \theta_{r,source,lim} \quad \text{et} \quad \theta_{r,amont}(h) < \theta_{r,aval}(h) (= \\ &\theta_{d,amont}(h) \text{ dans le cas où il n'y a pas d'échangeur}), \text{ alors :} \\ &\quad Is_{On(h)} = \text{vrai} \\ &\text{Sinon,} \\ &\quad Is_{On(h)} = \text{faux} \end{aligned} \quad (1573)$$

8.30.3.4 *Prise en compte de l'échangeur de géocooling*

L'efficacité de l'échangeur de géocooling $\varepsilon_{geo}(h)$ est calculée selon la méthode utilisée pour les échangeurs intermédiaires des sources amont de type « captage de type nappe avec échangeur », définie au chapitre 8.30, en faisant l'hypothèse d'un échangeur à contre-courant.

On calcule cette efficacité uniquement dans le cas où un échangeur intermédiaire de géocooling est présent dans l'installation.

On souhaite estimer la température départ aval $\theta_{d,aval}(h)$ en fonction des températures retours précédemment calculées :

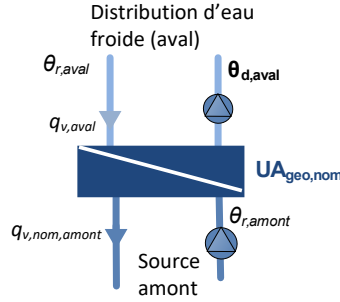


Figure 174: modélisation de l'échangeur de géocooling

Concernant le débit d'eau côté bâtiment, la valeur de débit aval utilisée dans les réseaux de distribution n'est pas disponible. On l'estime alors sur la base du $\Delta\theta_{aval}$ et du besoin en refroidissement :

$$q_{v,aval}(h) = \text{MIN} \left(\frac{Q_{req,fr}(h)}{\rho_e \cdot c_e \cdot \Delta\theta_{aval}}; q_{v,aval,nom} \right) \quad (1574)$$

On caractérise l'échangeur de géocooling en partant du principe que le débit d'eau côté source est fixé à sa valeur nominale $q_{v,amont,nom}$.

On a donc la relation suivante :

$$q_{v,amont}(h) = q_{v,amont,nom}. \quad (1575)$$

On peut ainsi calculer un taux de charge équivalent à transmettre à la source amont.

Bien que le débit côté distribution, $q_{v,aval}(h)$ puisse varier, on fera l'hypothèse que le coefficient d'échange $UA_{geo,nom}$ reste applicable. Par ailleurs, on considèrera que les constantes physiques du fluide côté source sont celles de l'eau sans additif (type glycol).

$$NUT(h) = \frac{3600 \cdot UA_{geo,nom}}{\rho_e \cdot c_e \cdot \text{MIN}(q_{v,aval}(h); q_{v,amont,nom})} \quad (1576)$$

On détermine le coefficient de déséquilibre de l'échange thermique :

$$C(h) = \frac{\text{MIN}(q_{v,amont,nom}; q_{v,aval}(h))}{\text{MAX}(q_{v,amont,nom}; q_{v,aval}(h))} \quad (1577)$$

Si $C(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1578)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}}{1 - C(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}} \quad (1579)$$

On en déduit la température $\theta_{d,aval,pc}(h)$ correspondant à un fonctionnement à débit d'eau côté source fixé à sa valeur nominale :

$$\theta_{d,aval,pc}(h) = \theta_{r,aval}(h) + \varepsilon_{geo}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,amont,nom}; q_{v,aval}(h))}{q_{v,aval}(h)} \cdot (\theta_{r,amont}(h) - \theta_{r,aval}(h)) \quad (1580)$$

La puissance maximale équivalente de l'échangeur de géocooling peut être exprimée comme suit:

$$P_{max}(h) = q_{v,aval}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot [\theta_{r,aval}(h) - \theta_{d,aval,pc}(h)] \quad (1581)$$

$P_{max}(h)$ est nécessairement positive ou nulle.

8.30.3.5 *Cas où il n'y a pas d'échangeur dans l'installation de géocooling*

Comme dans le cas avec échangeur, concernant le débit d'eau côté bâtiment, la valeur de débit aval utilisée dans les réseaux de distribution n'est pas disponible. On l'estime alors sur la base du $\Delta\theta_{aval}$ et du besoin en refroidissement :

$$q_{v,aval}(h) = MIN\left(\frac{Q_{req,fr}(h)}{\rho_e \cdot c_e \cdot \Delta\theta_{aval}}; q_{v,aval,nom}\right) \quad (1582)$$

Comme précédemment, on part du principe que le débit d'eau côté source est fixé à sa valeur nominale $q_{v,amont,nom}$, sans la présence de l'échangeur. On a donc la relation suivante :

$$q_{v,amont}(h) = q_{v,amont,nom} \quad (1583)$$

Comme il n'y a pas d'échangeur intermédiaire de géocooling, le débit d'eau côté source doit être égal au débit d'eau côté distribution. Si ce n'est pas le cas, on affecte la valeur du débit d'eau côté distribution au débit d'eau côté source amont. Cela se traduit par l'algorithme suivant :

$$\begin{aligned} \text{Si } q_{v,amont}(h) &\neq q_{v,aval}(h), \text{ alors :} \\ q_{v,amont}(h) &= q_{v,aval}(h) \end{aligned} \quad (1584)$$

Cependant, comme il n'y a pas d'échangeur intermédiaire de géocooling entre le circuit des capteurs géothermiques et le circuit d'eau froide du bâtiment, il n'est pas nécessaire de déterminer l'efficacité de celui-ci.

Dans ce cas, nous avons les relations suivantes :

$$\theta_{d,aval}(h) = \theta_{r,amont}(h) \quad (1585)$$

$$\theta_{r,aval}(h) = \theta_{d,amont}(h) \quad (1586)$$

8.30.3.6 *Prise en compte du type d'association avec les autres générateurs de froid*

8.30.3.6.1 *Cas avec échangeur*

Dans le cas d'une association « alterné » (Type_Association = 2), l'échangeur de géocooling n'est utilisé que si sa puissance maximale $P_{max}(h)$ est suffisante pour rafraîchir le bâtiment. Dans le cas contraire, il est considéré comme arrêté, ce qui revient à appliquer l'algorithme suivant à la suite de l'équation (1581) :

$$\begin{aligned} \text{Si } Q_{req,fr}(h) > P_{max}(h), \text{ alors :} \\ P_{max}(h) = 0 \text{ W} \end{aligned} \quad (1587)$$

Par contre, dans le cas d'une association « base+complément » (Type_Association = 1), l'échangeur de geocooling est utilisé dès que les températures de sources le permettent.

8.30.3.6.2 Cas sans échangeur

Il n'y a pas d'échangeur donc dans les deux cas d'association, il n'est jamais utilisé.

On a donc la relation suivante :

$$P_{max}(h) = 0 \text{ W} \quad (1588)$$

8.30.3.7 Calcul des sorties

La puissance nominale du générateur $P_{n,gen,fr}$ est évaluée une seule fois au début de la simulation. Elle est calculée selon la méthode du §8.30.3.4, en considérant les débits d'eau nominaux de part et d'autre de l'échangeur (ou du circuit d'eau s'il n'y a pas d'échangeur) et en imposant $\theta_{r,aval} = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_{r,amont} = 10^\circ\text{C}$.

Les autres sorties sont calculées à chaque pas de temps h. Pour ce qui est de la quantité d'énergie fournie, de la quantité d'énergie restante et du taux de charge équivalent :

$$Q_{fou}(h) = MIN(Q_{req,fr}(h); P_{max}(h)) \quad (1589)$$

$$Q_{rest}(h) = Q_{req,fr}(h) - Q_{fou}(h) \quad (1590)$$

$$\tau_{charge}(h) = MIN\left(1; \left|\frac{Q_{fou}(h)}{P_{max}(h)}\right|\right) \quad (1591)$$

Si $P_{max}(h)$ est nulle, alors $\tau_{charge}(h) = 0\%$.

La quantité d'énergie rejetée à la source (positive par convention pour un générateur de refroidissement) est égale à la quantité d'énergie envoyée sur le réseau de distribution :

$$\Phi_{rejet}(h) = Q_{fou}(h) \quad (1592)$$

Les consommations électriques de circulateur sont déjà comptabilisées aussi bien côté distribution d'eau froide (dans Cep_dist) que côté source amont, au travers de $W_{aux,am}(h)$. Il se peut néanmoins qu'un circulateur spécifique au circuit primaire soit mis en place, notamment lorsqu'un petit volume de stockage est associé à l'installation. Dans ce cas de figure, à l'instar des autres générateurs pris en compte dans la méthode Th-BCE, la consommation électrique de circulateur nominale $P_{cprim,nom}$ est comptabilisée partiellement, au prorata du ratio entre débit aval effectif et débit aval nominal:

$$W_{aux,pro}(h) = \frac{q_{v,aval}(h)}{q_{v,aval,nom}} \cdot P_{cprim,nom} \quad (1593)$$

$$Q_{cef\{fr;elec\}}(h) = W_{aux,pro}(h) \quad (1594)$$

L'efficacité du générateur de geocooling peut être définie comme suit :

$$\eta_{eff}(h) = \frac{Q_{fou}(h)}{W_{aux,pro}(h) + W_{aux,am}(h)} \quad (1595)$$

8.31 C_Sys_Rafraichissement par geocooling (en groupe non-climatisé)

8.31.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme traite de la prise en compte globale d'une installation de geocooling. Cette installation est décrite en deux sous-ensembles, conformément à la possibilité offerte pour l'interface du moteur de calcul pour les systèmes de rafraichissement :

- un ou plusieurs composants décrivant les émetteurs du système de geocooling (Geocooling – Emission) dans les différents groupes, ainsi que la partie terminale du réseau de distribution d'eau froide (distribution du groupe au sens de la méthode Th-BCE). On intègre également dans ce sous-bloc tout ce qui attrait à la régulation terminale du geocooling (modulation de puissance dans les locaux),
- un composant décrivant la distribution intergroupes, au sens de la méthode Th-BCE, et l'échangeur de séparation (s'il est présent car il existe des configurations possibles sans celui-ci) entre l'eau froide du bâtiment et l'eau de la source amont géothermique. On intègre également dans ce sous-bloc tout ce qui a trait à la régulation centrale du geocooling, notamment l'activation/désactivation en fonction de la température de source. Ce second composant se place au niveau de la génération.

On ne modélise pas la source amont géothermique en elle-même, cette dernière restant prise en compte conformément à la méthode Th-BCE §C_Gen_Sources amonts des générateurs thermodynamiques.

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, il existe également pour le geocooling des configurations sans la présence de l'échangeur intermédiaire entre le circuit d'eau des capteurs géothermiques et le circuit d'eau du bâtiment. En effet, il est possible d'avoir des configurations dans lesquelles nous avons un unique circuit d'eau passant à la fois dans les capteurs géothermiques et dans les émetteurs. Nous décrirons cette installation par la suite dans cette présente fiche algorithme.

8.31.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 254 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Geocooling - Emission	$\theta_{sd}(h)$	Température de sonde intérieure au sens du §C_Emi_Systèmes émissions du groupe en chaud et en froid de Th-BCE.	°C			
	$\theta_{cons,fr}(h)$	Température de consigne de refroidissement du groupe au pas de temps h	°C			
	$Aut_{ch\_eff}(h)$	Autorisation de chauffage effective au pas de temps h	Ent.			
	$\phi_{crois,raf}(h)$	Puissance requise (négative) pour maintenir la température de consigne du rafraîchissement direct au pas de temps h	W			
	$\theta_{i,moy(0,;0)}(h)$	Température d'air intérieur moyenne sans prise en compte des puissances émises sur le pas de temps h	°C			
	$\theta_{rm,moy(0,;0)}(h)$	Température radiante moyenne sans prise en compte des puissances émises sur le pas de temps h	°C			
Source (si nécessaire)	$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont au pas de temps h	°C			
	$W_{aux,am}(h)$	Consommation électrique de la source amont géothermique au pas de temps h	Wh			
	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Emission	<i>Typologie_Emetteur_Froid</i>	Typologie d'émetteur pour la détermination du P_{em_conv} (voir Tableau 255).	-	0	6	
	P_{em_conv}	Ratio d'énergie convective sur l'énergie totale transmise (voir 8.1)	-	0	1	-
	$P_{per,em}$	Ratio de pertes au dos de l'émetteur sur l'énergie émise.	-	0	1	-
	$K_{em,100\%}$	Coefficient de transfert thermique à 100% débit d'eau froide nominal entre l'émetteur et l'ambiance intérieure	W/K	0	$+\infty$	
	$K_{em,30\%}$	Coefficient de transfert thermique à 30% du débit d'eau froide nominal entre l'émetteur et l'ambiance intérieure	W/K	0	$+\infty$	
	q_{nom}^{em}	Débit volumique d'eau froide nominal pour l'émission du geocooling	m³/h	0	$+\infty$	
	$P_{VCV\_MV}^{em}$ $P_{VCV\_veille}^{em}$	Puissance absorbée par les ventilateurs locaux d'émission du geocooling en moyenne vitesse (MV) et en mode veille	W	0	$+\infty$	
	$Is\_Echangeur\_Intermediaire$	Présence ou non de l'échangeur intermédiaire entre le circuit d'eau des capteurs géothermiques et le circuit d'eau du bâtiment : 0 : Pas d'échangeur intermédiaire 1 : Avec échangeur intermédiaire	-	0	1	

Source amont (si présence d'un échangeur)	$\theta_{d,geo,nom}$	Température départ d'eau froide de consigne pour la fonction geocooling	°C	15	25	
	$\Delta\theta_{hyst,d,Geo}$	Hystérésis de la régulation sur la température départ du système de geocooling	°C	0	2	1.0
	$\theta_{r,source,lim}$	Température limite de retour d'eau côté source pour la désactivation de la fonction geocooling	°C	0	25	
	$\Delta\theta_{d-r,source}$	Ecart de température nominal aux bornes de l'échangeur côté la source amont	°C	0	$+\infty$	3
	$UA_{geo,nom}$	Coefficient de transfert thermique de l'échangeur de geocooling aux débits nominaux de part et d'autre	W/K	0	$+\infty$	
	$q_{nom,geo}$	Débit volumique nominal circulant dans l'échangeur de geocooling côté source géothermique	m ³ /h	0	$+\infty$	

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Emission	L_{vc}	Longueur totale du réseau de distribution du groupe en volume chauffé pour le composant geocooling - émission	m	0	$+\infty$	
	U_{vc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau de distribution du groupe en volume chauffé pour le composant geocooling - émission	W/(m.K)	0	$+\infty$	
Distribution intergroupes	$L_{vc,dist}$	Longueur totale de distribution intergroupes de l'installation de geocooling	m	0	$+\infty$	
	$U_{vc,dist}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau de distribution	W/(m.K)	0	$+\infty$	
	b_{dist}	Coefficient de prise en compte de l'impact du passage dans des espaces non-chauffés/rafraichis de la distribution	-	0	1	
	$P_{circ,nom}$	Puissance électrique consommée par le ou les circulateurs de la distribution intergroupes et primaire au débit nominal	W	0	$+\infty$	
	id_{circ}	Mode de régulation du circulateur de distribution du geocooling : 1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle constante, 3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau.	Ent.	0	3	-
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{cons}(h)$	Température de consigne du rafraichissement au pas de temps h	°C			

Si présence d'un échangeur	$Is\_On(h)$	Indicateur booléen d'activation du rafraichissement au pas de temps h	Bool
	$\phi_{utile,eff}^{em}(h)$	Puissance de rafraichissement utile (négative) appliquée au groupe au pas de temps h	W
	$\Phi_{pertes,vc}(h)$	Pertes thermiques récupérables totales liées au rafraichissement directe pour le groupe d'indice gr contenant l'émission em.	Wh
	$W_{aux,dis}^{em}(h)$	Consommation électrique du rafraichissement pour le poste « distribution » (ramenée au groupe)	Wh
	$W_{aux,vent}^{em}(h)$	Consommation électrique du rafraichissement pour le poste « ventilation » (ramenée au groupe)	Wh
	$\tau_{charge,geo}(h)$	Taux de charge équivalent de l'échangeur de geocooling	-
	$P_{n,geo}(h)$	Puissance nominale de rafraichissement de l'échangeur de geocooling	W
	$\Phi_{rejet,geo}(h)$	Puissance rejetée à la source amont par l'échangeur de geocooling (positive en rafraichissement)	W
Variables internes			
Emission	Nom	Description	Unité
	$On\_Off(h)$	Indicateur booléen d'activation du geocooling au pas de temps h.	Bool
	$Is_{saison\_ch}(j)$	Indicateur booléen précisant si l'un des groupes connectés est en saison de chauffage	Bool
	$K_{em,100\%}$, $K_{em,30\%}$	Coefficients de transfert thermique $K_{em,100\%}$ et $K_{em,30\%}$ corrigés pour inclure les pertes aux dos	W/K
	$K_{em,eff}(h)$	Coefficients de transfert thermique au débit d'eau froide effectif	W/K
Débits d'eau froide	$\theta_{ref}^{em}(h)$	Température intérieure de référence pour le transfert thermique par l'émission du geocooling	°C
	q_{nom}^{dist}	Débit volumique d'eau froide nominal au niveau de la génération	m³/h
	$q_{eff}^{dist}(h)$	Débit volumique effectif au pas de temps h pour la partie génération du geocooling	m³/h
	$q_{eff}^{em}(h)$	Débit volumique effectif au pas de temps h pour la partie émission du geocooling	m³/h
	$W_{circ}^{dist}(h)$	Consommation électrique du rafraichissement pour le poste distribution d'eau	Wh
	$\theta_{amb,fr}(h)$	Température ambiante équivalente pour le calcul des pertes des distributions intergroupes	°C

Flux thermiques	$\phi_{\text{utile,nom}}^{\text{em}}(\text{h})$	Puissance de rafraîchissement utile au débit d'eau nominal disponible à l'émetteur (négative)	W
	$\phi_{\text{utile,30\%}}^{\text{em}}(\text{h})$	Puissance de rafraîchissement utile à 30% du débit d'eau nominal disponible à l'émetteur (négative)	W
	$\phi_{\text{pertes,d}}^{\text{em}}(\text{h})$ $\phi_{\text{pertes,r}}^{\text{em}}(\text{h})$	Pertes thermiques sur les portions départ (d) et retour (r) du réseau de distribution terminal (du groupe)	W
	$\phi_{\text{pertes,d}}^{\text{dist}}(\text{h})$ $\phi_{\text{pertes,r}}^{\text{dist}}(\text{h})$	Pertes thermiques sur les portions départ (d) et retour (r) du réseau de distribution intergroupes	W
Températures d'eau aux différents nœuds	$\theta_{\text{e,nom}}^{\text{em}}(\text{h})$ $\theta_{\text{s,nom}}^{\text{em}}(\text{h})$	Températures d'eau entrant et sortant de l'émission de rafraîchissement par geocooling au débit d'eau nominal	°C
	$\theta_{\text{s,30\%}}^{\text{em}}(\text{h})$	Température d'eau sortant de l'émission de rafraîchissement par geocooling à 30% du débit d'eau nominal	°C
	$\theta_{\text{e,eff}}^{\text{em}}(\text{h})$ $\theta_{\text{s,eff}}^{\text{em}}(\text{h})$	Température d'eau effective entrant et sortant de l'émission de rafraîchissement par geocooling	°C
	$\theta_{\text{r,dist}}^{\text{em}}(\text{h})$	Température d'eau retour du réseau de distribution du groupe (associé à l'émission)	°C
	$\theta_{\text{d,dist}}(\text{h})$ $\theta_{\text{r,dist}}(\text{h})$	Températures d'eau départ et retour moyenne des distributions du groupe	°C
	$\theta_{\text{d,aval}}(\text{h})$ $\theta_{\text{r,aval}}(\text{h})$	Températures d'eau départ et retour moyenne de l'échangeur de geocooling (si présence d'un échangeur)	°C
	$\theta_{\text{d,aval,pc}}(\text{h})$ $\theta_{\text{d,aval,pc}}(\text{h}-1)$	Températures d'eau départ à plein débit côté source au pas de temps h et h-1	°C
	$Q_{\text{geo,eff}}(\text{h})$	Quantité d'énergie de rafraîchissement effective à fournir par l'installation de geocooling	Wh
Echangeur/stockage (si présence d'un échangeur)	$\theta_{\text{r,amont}}(\text{h})$	Température retour de source amont (température entrant dans l'échangeur côté source)	°C
	$\theta_{\text{d,amont}}(\text{h})$	Température départ de source amont (température sortant de l'échangeur côté source)	°C
	$\epsilon_{\text{geo}}(\text{h})$	Efficacité de l'échangeur de geocooling au pas de temps h	-
	NUT(h)	Coefficient caractéristique adimensionnel NUT de l'échangeur de geocooling au pas de temps h	-
	C(h)	Rapport de déséquilibre des débits énergétiques de l'échangeur de geocooling	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.

ρ_e	Masse volumique de l'eau	kg/m ³	1006
c_e	Capacité calorifique massique de l'eau	J/(kg.K)	4190
$\theta_{vc,ref,fr}$	Température intérieure du volume rafraichi de référence pour le calcul des pertes thermiques des distribution intergroupes	°C	26
$Part_{recup\_i}$ $ntgr$	Part récupérable des pertes thermiques vers l'ambiance rafraichi des distributions intergroupes de geocooling	%	60%

Tableau 254 : Nomenclature des différentes variables du modèle

8.31.3 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

8.31.3.1 **Principe du calcul**

L'algorithme est composé de trois étapes séquentielles :

- **1-** Gestion régulation du geocooling : cette étape intègre la configuration d'installation choisie (présence d'un échangeur intermédiaire ou non), les éléments de régulation saisonnière, ainsi que le calcul de l'autorisation d'activation du geocooling au travers du seuil limite sur la température d'eau de retour de la géostructure. Si un échangeur intermédiaire est présent, cette dernière température correspond à la température entrant dans l'échangeur, et s'il n'y a pas d'échangeur intermédiaire dans l'installation, celle-ci correspond à la température de départ de l'eau froide du réseau. Enfin, on détermine la température ambiante de consigne retenue au niveau de la régulation terminale.
- **2-** Détermination de la puissance de rafraîchissement nominale et effective pour chaque groupe : cette seconde étape intervient si l'installation est activée à l'issue de l'étape 1 et si un besoin en rafraîchissement est constaté pour au moins un des groupes connectés. On détermine tout d'abord l'état de la boucle de distribution d'eau froide du bâtiment à pleine charge, afin de déterminer la puissance maximale de rafraîchissement disponible. Une fois le calcul de la puissance effective de rafraîchissement utilisée au niveau de chaque groupe, on détermine l'état effectif (à charge partielle) de la boucle de distribution d'eau froide du bâtiment et les consommations d'auxiliaire électriques associées.
- **3-** Consommation d'énergie et rejet thermique à la source amont: Si un échangeur intermédiaire est présent dans l'installation, on calcule la quantité d'énergie puisée au niveau de l'échangeur de geocooling pour préparer le calcul au pas de temps suivant, et on finalise le calcul des consommations électriques en ajoutant les consommations de source amont et de distribution intergroupes. S'il n'y a pas d'échangeur dans l'installation, on finalise le calcul des consommations électriques en ajoutant uniquement les consommations de distribution intergroupes

8.31.3.2 **Gestion régulation du geocooling**

8.31.3.2.1 **Détermination du type d'installation de geocooling considéré**

La première étape consiste à déterminer le type d'installation de geocooling, à savoir si un échangeur intermédiaire est présent ou non dans celle-ci. Cette première étape permet de calculer l'indicateur « *Is_Echangeur_Intermediaire* » qui définit si un échangeur intermédiaire est présent ou non dans le système de geocooling.

Si un échangeur intermédiaire est présent, on obtient la valeur suivante :

$$Is\_Echangeur\_Intermediaire = 1 \quad (1596)$$

Sinon, on obtient la valeur suivante :

$$Is\_Echangeur\_Intermediaire = 0 \quad (1597)$$

8.31.3.2.2 **Conditions d'activation**

La deuxième étape consiste à déterminer la disponibilité de la ressource de geocooling en fonction de la température de source au pas de temps précédent. Cette première étape permet de calcul l'indicateur *On_Off(h)* d'activation ou non du geocooling. Elle sera intégrée dans la fonction d'appel **Run_OnNewHour** propre à l'ouverture du moteur partie Génération.

Les conditions d'activation du geocooling sont les suivantes :

- On se trouve hors saison de chauffage pour l'ensemble des groupes connectés, c'est-à-dire si $Is_{saison\_ch}(j)$ est faux. Cet indicateur est déterminé à partir des indicateurs des différents groupes connectés :

$$Is_{saisonch}(j) = \max_{gr}(Aut_{ch}^{gr}(j)) \quad (1598)$$

- Dans le cas où il y a un échangeur intermédiaire entre le circuit d'eau des capteurs géothermiques et le circuit d'eau du bâtiment, nous avons la condition suivante : une température retour de la source amont $\theta_{r,amont}(h)$ inférieure à $\theta_{r,source,lim}$. Cette température retour est estimée à partir de la température amont (moyenne départ/retour) renvoyée par la source amont et la différence départ/retour nominale (fixée à 3 °C) :

$$\theta_{r,amont}(h) = \theta_{amont}(h) - \frac{\Delta\theta_{d-r,source}}{2} \quad (1599)$$

La température de source limite $\theta_{r,source,lim}$ doit nécessairement être inférieure à la température départ de consigne du geocooling $\theta_{d,Geo,nom}$. Elle doit prendre en compte l'effet de pincement au niveau de l'échangeur de geocooling.

- De par les caractéristiques de l'ouverture utilisée, le geocooling ne peut être activé au niveau d'un groupe que lorsque les systèmes de chauffage ou de refroidissement du groupe sont désactivés.

Si c'est trois conditions sont remplies, on fixe alors le booléen $Is\_On(h)$ à « vrai », qui est communiqué en sortie de la fonction d'appel **Est_Active** au niveau de chaque groupe

8.31.3.2.3 Détermination de la température de consigne

La fonction d'appel **Est_Active** est aussi employée pour définir la température de consigne du geocooling.

On considèrera que le système prévoit des températures de consigne identiques à un système de refroidissement. On reprend à ce titre directement la température de consigne $\theta_{cons,fr}(h)$ intégrant l'impact des périodes d'occupation, de relance et d'inoccupation, ainsi que le type d'usage du groupe. On rappelle qu'en occupation, cette température est de 28°C en usage d'habitation et de 26°C dans les autres usages.

En fonction de cette température de consigne, le moteur calcule un besoin en refroidissement conformément à la méthode basée sur la droite de comportement thermique du groupe (voir méthode Th-BCE 5.21).

8.31.3.3 Détermination de la puissance de rafraîchissement nominale et effective pour chaque groupe

Contrairement à la modélisation d'un système usuel de la méthode Th-BCE, la prise en compte du rafraîchissement par geocooling implique de déterminer une puissance maximale de rafraîchissement disponible.

La puissance que peut fournir l'émetteur à eau dépend de la différence de température entre l'eau circulant à l'intérieur et la température du local. Il faut donc caractériser l'état de la boucle de distribution en considérant un taux d'utilisation du geocooling de 100%, dans l'objectif d'estimer la température entrant dans les différents émetteurs de rafraîchissement $\theta_{e,nom}^{em}(h)$ en conditions nominales.

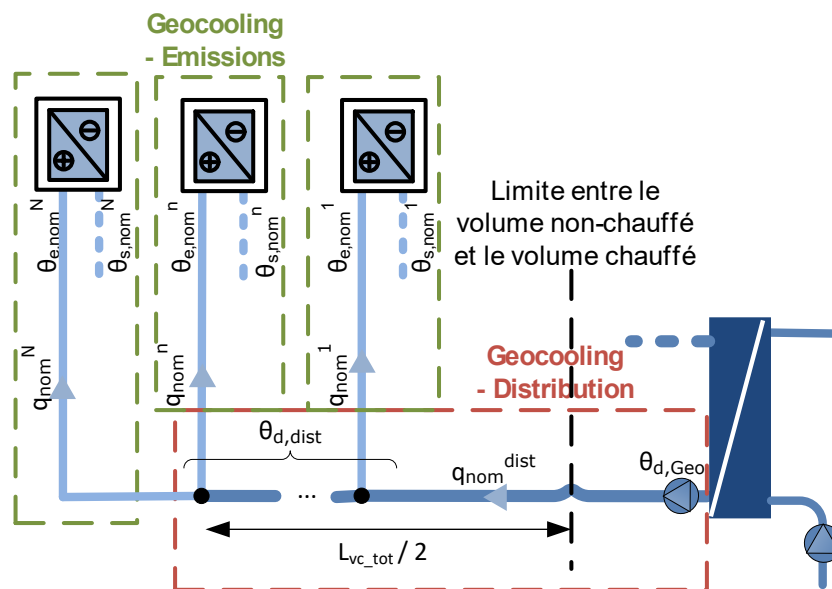


Figure 175 : calcul de la température d'eau froide entrant et sortant des émetteurs dans les conditions nominales (avec échangeur intermédiaire)

8.31.3.3.1 Première partie du calcul des pertes de distribution intergroupes : calcul de la température départ des distributions

La première étape consiste à estimer l'impact des pertes thermiques sur la température d'eau départ pour les distributions collectives (intergroupes). Ce calcul est intégré dans la fonction d'appel **Run_OnNewHour** propre à l'ouverture du moteur partie Génération.

Soit $\theta_{d,Geo}(h)$ la température départ commune à toute l'installation de geocooling. Si le geocooling est activée, il est supposé fonctionner à sa température départ de consigne $\theta_{d,Geo,nom}$ imposée par la régulation. Le fonctionnement tout à rien sur le principe de l'hystérésis introduit néanmoins une dérive dans la température départ moyenne effectivement constatée d'environ la moitié de l'hystérésis.

Par ailleurs, dans le cas où la quantité d'énergie sur l'échangeur de geocooling aurait été insuffisante pour atteindre cette température départ nominale au pas de temps précédent, on considèrera qu'il y a eu dérive de la température départ. On corrige donc en reprenant la valeur calculée au pas de temps précédent.

Ainsi, dans le cas où un échangeur intermédiaire est présent entre les deux circuits, nous avons :

$$\theta_{d,aval}(h) = MAX\left(\theta_{d,aval,pc}(h-1); \theta_{d,geo,nom} + \frac{\Delta\theta_{hyst,d,Geo}}{2}\right) \quad (1600)$$

Où $\Delta\theta_{hyst,d,Geo}$ est la valeur de l'hystérésis retenue par la régulation du système de geocooling, fixée conventionnellement à 1°C.

Dans le cas contraire, nous avons :

$$\theta_{d,aval}(h) = \theta_{d,Geo}(h) = \theta_{d,geo,nom} \quad (1601)$$

La première étape est de calculer $\theta_{d,dist}$, moyenne des températures aux niveaux des embranchements entre distribution intergroupes et distributions du groupe.

En termes de pertes thermiques, seule la portion en volume rafraichi est prise en compte. En effet, par soucis de simplification, on fait l'hypothèse que les portions hors volume rafraichi sont enterrées ou en sous-sol, environnées par des températures proches de la température d'eau froide. A ce titre, leur impact est estimé négligeable.

La longueur de distribution à considérer est la moitié de la longueur totale L_{vc_tot} , dans la mesure où cette dernière englobe la portion départ et la portion retour.

La température départ au débit d'eau nominal $q_{ef,nom}$ est calculée de la manière suivante :

$$\theta_{d,dist}(h) = \frac{1}{q_{nom}^{dist} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc,dist} \cdot \frac{L_{vc,dist}}{2}}}{\left[\left(q_{nom}^{dist} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc,dist} \cdot \frac{L_{vc,dist}}{2}}{2} \right) \cdot \theta_{d,aval}(h) + U_{vc,dist} \cdot \frac{L_{vc,dist}}{2} \cdot \theta_{amb,fr}(h) \right]} \quad (1602)$$

Où :

- $\theta_{amb,fr}(h)$ est la température ambiante équivalente utilisée pour le calcul. Elle est évaluée selon la relation usuelle de prise en compte d'un effet tampon entre l'extérieur et l'ambiance chauffée/refroidie considérée à une température fixe de $\theta_{vc,ref,fr} = 26^\circ\text{C}$:

$$\theta_{amb,fr}(h) = b_{dist} \cdot \theta_{vc,ref,fr} + (1 - b_{dist}) \cdot \theta_{ext}(h) \quad (1603)$$

- $q_{ef,nom}^{dist}$ est le débit nominal d'eau froide obtenu par sommation de l'ensemble des débits nominaux des distributions des groupes :

$$q_{nom}^{dist} = \sum_{em} q_{nom}^{em} \quad (1604)$$

A partir du résultat précédent, les pertes thermiques de la portion départ de la distribution intergroupes peuvent être calculées comme suit :

$$\phi_{pertes,d}^{dist}(h) = q_{nom}^{dist} \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{d,aval}(h) - \theta_{d,dist}(h)] \quad (1605)$$

8.31.3.3.2 Impact des pertes de distribution du groupe (terminale) et modélisation de l'émetteur en régime nominal

Ce calcul est intégré dans la fonction d'appel **Run_Emission** propre à l'ouverture du moteur de calcul partie émission. On calcule d'abord l'impact des pertes de la distribution du groupe (qui est unique dans chaque Geocooling - Emission). La longueur totale de la distribution saisie en paramètre est la somme des longueurs de la portion départ et retour. Ainsi, la température à l'entrée de l'émetteur est calculée de la manière suivante, en considérant la température d'air intérieure comme référence de température ambiante et une longueur de distribution $L_{vc}/2$:

$$\theta_{e,nom}^{em}(h) = \frac{1}{q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}{2}} \left[\left(q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}{2} \right) \cdot \theta_{d,dist}(h) + U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2} \cdot \theta_{i,moy(0;0)}(h) \right] \quad (1606)$$

A partir du résultat précédent, les pertes thermiques de la portion départ de la distribution du groupe peuvent être calculées comme suit :

$$\phi_{pertes,d}^{em}(h) = q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{d,dist}(h) - \theta_{e,nom}^{em}(h)] \quad (1607)$$

On suppose la puissance émise par l'émetteur proportionnelle à la différence entre température moyenne d'eau et température ambiante (loi d'émission linéaire de type $P = K_{em,100\%} \cdot \Delta\theta$). C'est une simplification acceptable concernant la majorité des plafonds réversibles, ventilo-convecteurs et batteries à eau.

Pour les ventilo-convecteurs, le coefficient $K_{em,100\%}$ au débit nominal utilisé est celui déterminé selon la norme NF EN 1397 dans l'hypothèse d'une puissance de ventilateur moyenne au sens de la méthode Th-BCE. On suppose également qu'il n'y a pas de phénomène de condensation sur l'émetteur, étant donné que la température d'eau entrant dans l'émetteur en geocooling sera toujours plus élevée que 15 °C (contrainte sur le paramètre $\theta_{d,Geo,nom}$).

On introduit $\theta_{ref}^{em}(h)$ est la température intérieure de référence pour l'échangeur thermique entre l'émetteur et le local, dépendant du ratio convectif dans la puissance émise :

$$\theta_{ref}^{em}(h) = P_{emconv} \cdot \theta_{i,moy(0;0)}(h) + (1 - P_{emconv}) \cdot \theta_{rm,moy(0;0)}(h) \quad (1608)$$

Des valeurs de P_{emconv} par défaut sont définies en fonction du type d'émetteur, en reprenant la même logique que dans la description des émetteurs de refroidissement dans la méthode Th-BCE, « Parts convectives de transmission de l'énergie au groupe ». Ces dernières valeurs sont rappelées ci-dessous :

Typologie_Emetteur_Froid	P_{emconv}
Soufflage d'air froid (ventilo-convecteurs...)	0,95
Poutre froide	0,80
Plafonds rafraîchissant, panneaux rafraîchissants de plafond	0,50

Murs rafraîchissants	0,35
Plancher rafraîchissant	0,20

Tableau 255: Parts convectives par défaut de P_{emconv} pour le rafraîchissement en fonction de la typologie d'émetteur

Ainsi :

$$\theta_{s,nom}^{em}(h) = \frac{1}{q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{K'_{em,100\%}}{2}} \left[\left(q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{K'_{em,100\%}}{2} \right) \cdot \theta_{e,nom}^{em}(h) + K'_{em,100\%} \cdot \theta_{ref}^{em}(h) \right] \quad (1609)$$

Où $K_{em,100\%}'$ est le coefficient d'émission corrigé pour intégrer l'impact des pertes aux dos (W/K) :

$$K_{em,100\%}' = \frac{K_{em,100\%}}{1 - P_{per}} \quad (1610)$$

La puissance maximale possiblement émise par le geocooling dans l'ambiance est déduite des températures d'eau aux bornes de l'émetteur, en soustrayant les pertes au dos:

$$\phi_{utile,nom}^{em}(h) = (1 - P_{per}) \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{e,nom}^{em}(h) - \theta_{s,nom}^{em}(h)) \quad (1611)$$

8.31.3.3 Puissance utile effective de la partie émission du geocooling

Ce calcul est intégré dans la fonction d'appel **Run_Emission** propre à l'ouverture partie émission.

La puissance utile effectivement émise par le geocooling est le maximum entre la puissance utile et la puissance maximale disponible (toutes deux négatives):

$$\phi_{utile,eff}^{em}(h) = MAX(\phi_{utile,nom}^{em}(h); \phi_{crois,raf}(h)) \quad (1612)$$

Lorsque le système fonctionne à charge partielle, c'est-à-dire sous sa puissance nominale, on considérera que la modulation de puissance intervient par variation du débit d'eau froide. Cette variation de débit d'eau froide est supposée sans impact sur la température entrant dans l'émetteur (hypothèse défavorable). En somme, quel que soit le débit d'eau la température d'entrée de l'émetteur est prise égale à $\theta_{e,nom}^{em}(h)$:

$$\theta_{e,eff}^{em}(h) = \theta_{e,nom}^{em}(h) \quad (1613)$$

A partir de cette hypothèse on calcule l'ensemble des variables restantes permettant de caractériser le réseau de distribution :

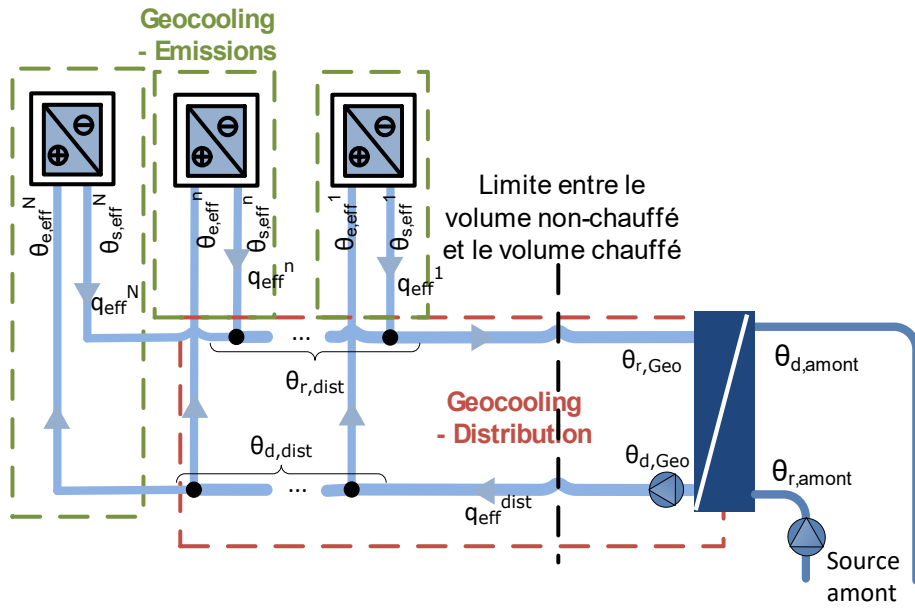


Figure 176 : variables de représentation du réseau de distribution en conditions effectives (avec échangeur intermédiaire)

Afin d'estimer le débit d'eau effectif moyen sur l'heure ainsi que la température de sortie de l'émetteur, on calcule la puissance utile correspondant à un débit d'eau froide égal à 30% du débit d'eau nominal, de la même manière que la puissance de rafraîchissement nominale a été calculée :

$$\theta_{s,30\%}^{em}(h) = \frac{1}{0,3 \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{K'_{em,30\%}}{2}} \left[\left(0,3 \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{K'_{em,30\%}}{2} \right) \cdot \theta_{e,nom}^{em}(h) + K'_{em,30\%} \cdot \theta_{ref}^{em}(h) \right] \quad (1614)$$

$$\phi_{utile,30\%}^{em} = (1 - P_{per}) \cdot 0,3 \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{e,nom}^{em}(h) - \theta_{s,30\%}^{em}(h)) \quad (1615)$$

Avec $K_{em,30\%}'$ est le coefficient d'émission corrigé pour intégrer l'impact des pertes aux dos (W/K) :

$$K_{em,30\%}' = \frac{K_{em,30\%}}{1 - P_{per}} \quad (1616)$$

Le débit d'eau froide effectif est déterminé en supposant une relation linéaire par morceau entre la puissance utile de rafraîchissement et le débit traversant l'émetteur :

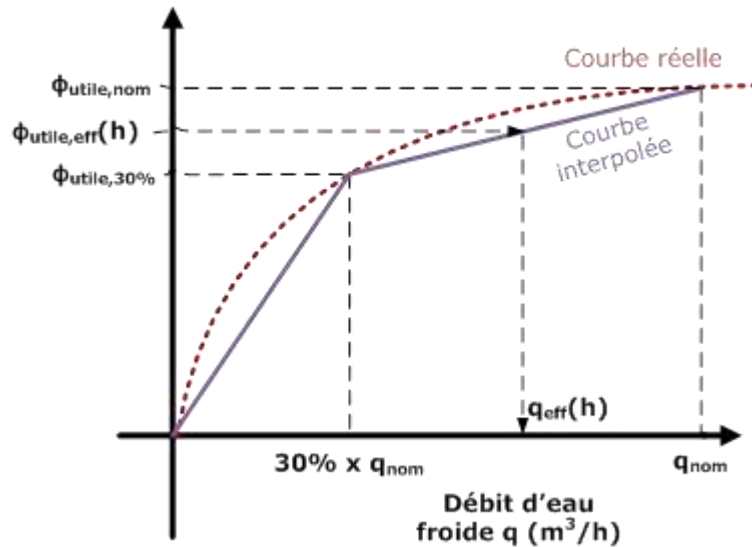


Figure 177 : relation entre puissance utile de rafraîchissement (W) et débit d'eau froide (m³/h)

Ainsi, en termes algorithmiques :

Si $|\phi_{utile,eff}^{em}(h)| > |\phi_{utile,30\%}^{em}(h)|$, alors :

$$q_{eff}^{em}(h) = \left(\left| \frac{\phi_{utile,eff}^{em}(h) - \phi_{utile,30\%}^{em}(h)}{\phi_{utile,nom}^{em}(h) - \phi_{utile,30\%}^{em}(h)} \right| \cdot 0,7 + 0,3 \right) \cdot q_{nom}^{em} \quad (1617)$$

Sinon,

$$q_{eff}^{em}(h) = \left| \frac{\phi_{utile,eff}^{em}(h)}{\phi_{utile,nom}^{em}(h)} \right| \cdot 0,3 \cdot q_{nom}^{em} \quad (1618)$$

Au final, on en déduit la température de sortie d'eau effective de l'émission de geocooling :

$$\theta_{s,eff}^{em}(h) = \theta_{e,nom}^{em}(h) - \frac{\phi_{utile,eff}^{em}(h)}{q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e} \quad (1619)$$

$\theta_{s,eff}^{em}(h)$ est nécessairement supérieure à $\theta_{e,nom}^{em}(h)$.

A partir de là, la température retour de la distribution du groupe est calculée de la manière suivante, en considérant la température d'air intérieure comme référence de température ambiante :

$$\theta_{r,dist}^{em}(h) = \frac{1}{q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}}{\left(q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}{2} \right) \cdot \theta_{s,eff}^{em}(h) + U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2} \cdot \theta_{i,moy(0;0)}(h)} \quad (1620)$$

Et on en déduit les pertes thermiques de la portion retour du réseau de distribution du groupe :

$$\phi_{pertes,r}^{em}(h) = q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{r,dist}^{em}(h) - \theta_{s,eff}^{em}(h)] \quad (1621)$$

8.31.3.4 **Détermination des consommations électriques effectives d'émission et des pertes thermiques de distribution**

8.31.3.4.1 Calcul des consommations de ventilateurs locaux

Ce paragraphe ne concerne que le cas où les émetteurs terminaux utilisés incluent des ventilateurs locaux (ventilo-convecteurs).

Dans ce cas, lorsque le geocooling est activé au niveau d'une émission ($\phi_{utile,eff}^{em}(h) < 0$ W), par cohérence avec l'hypothèse prise sur le coefficient K_{em} de l'émetteur, on considèrera que le ventilo-convecteurs fonctionne à vitesse constante égale à la vitesse moyenne. Sinon, on prendra en compte la consommation de ventilo-convecteurs en mode veille, qui doit inclure l'éventuelle consommation associée au maintien d'un débit d'air minimal le cas échéant.

Si $\phi_{utile,eff}^{em}(h) < 0$ W, alors :

$$W_{aux,vent}^{em}(h) = P_{VCV,MV}^{em} \quad (1622)$$

Sinon,

$$W_{aux,vent}^{em}(h) = P_{VCV,veille}^{em} \quad (1623)$$

8.31.3.4.2 Seconde partie du calcul des pertes de distribution intergroupes : calcul des pertes thermiques de la portion retour

Ce calcul est intégré dans la fonction d'appel **Run_Distribution** propre à l'ouverture du moteur partie génération.

On introduit le débit d'eau effectif total du réseau de distributions intergroupes :

$$q_{eff}^{dist}(h) = \sum_{em} q_{eff}^{em}(h) \quad (1624)$$

La température d'eau en entrée de la portion retour de la distribution intergroupe est égale à la moyenne des températures retour pondérées par les débits massiques des distributions du groupe :

$$\theta_{r,dist}(h) = \frac{\sum_{em} (q_{eff}^{em}(h) \cdot \theta_{s,eff}^{em}(h))}{q_{eff}^{dist}(h)} \quad (1625)$$

Si $q_{eff}^{dist}(h)$ est nul, on fixe $\theta_{r,dist}(h) = \theta_{d,dist}(h)$.

Enfin, la température $\theta_{r,aval}(h)$ est obtenue par la même méthode que celle utilisée au 8.31.3.3.1 :

$$\theta_{r,aval}(h) = \frac{1}{q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc,Lmax} \cdot L_{max}}{2}} \left[\left(q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc,Lmax} \cdot L_{max}}{2} \right) \cdot \theta_{r,dist}(h) + U_{vc,Lmax} \cdot L_{max} \cdot \theta_{amb_{fr}}(h) \right] \quad (1626)$$

Dans le cas où un échangeur intermédiaire est présent dans l'installation, cette température correspond à la température de retour d'eau au niveau de cet échangeur.

Dans le cas contraire, cette température correspond à la température $\theta_{r,Geo}(h)$, qui elle-même est égale à la température $\theta_{d,amont}(h)$ vu qu'il n'y a pas d'échangeur (voir figure 2).

Pour rappel, $\theta_{amb,fr}(h)$ est calculée selon la relation (1604).

On en déduit les pertes thermiques sur la portion retour de la distribution intergroupes :

$$\phi_{pertes,r}^{dist}(h) = q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{r,aval}(h) - \theta_{r,dist}(h)] \quad (1627)$$

8.31.3.5 **Consommation d'énergie et rejet thermique à la source amont**

Ce calcul est intégré dans la fonction d'appel **Run_Distribution** propre à l'ouverture du moteur partie Geocooling - Distribution.

8.31.3.5.1 **Quantité d'énergie effective totale à fournir par l'installation de geocooling**

La quantité d'énergie nominale à fournir par l'échangeur de geocooling est calculée à partir des températures départ et retour déterminées à partir du bilan de la boucle de distribution du geocooling à pleine charge d'utilisation (voir équations (1600)) :

$$Q_{geo,eff}(h) = q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{r,aval}(h) - \theta_{d,aval}(h)] \quad (1628)$$

Dans le cas où il n'y a pas d'échangeur, cette quantité d'énergie est calculée de la même manière mais elle ne sera pas utilisée.

8.31.3.5.2 Consommation électrique du circulateur de distribution de l'installation de geocooling

La prise en compte du circulateur de distribution de l'installation de geocooling est identique à celle des réseaux de distribution de refroidissement prévue dans la méthode Th-BCE. Elle identifie trois typologies de prise en compte selon la nature du circulateur et son pilotage :

Si $id_{circ}=1$ (circulateurs à vitesse constante), alors,

$$W_{circ}^{dist}(h) = P_{circ,nom} \quad (1629)$$

Si $id_{circ}=2$ (circulateurs à vitesse variable et du réseau à une pression différentielle constante),

$$W_{circ}^{dist}(h) = \left(\frac{q_{eff}^{dist}(h)}{q_{nom}^{dist}} \right)^{2/3} \cdot P_{circ,nom} \quad (1630)$$

Si $id_{circ}=3$ (circulateurs à vitesse variable et variation de la pression différentielle du réseau),

$$W_{circ}^{dist}(h) = \left(0,5 \cdot \frac{q_{eff}^{dist}(h)}{q_{nom}^{dist}} + 0,5 \cdot \left(\frac{q_{eff}^{dist}(h)}{q_{nom}^{dist}} \right)^2 \right)^{2/3} \cdot P_{circ,nom} \quad (1631)$$

Où q_{nom}^{dist} est calculé selon l'équation (1604).

Dans le cas d'une installation de geocooling avec un circulateur à vitesse constante, le débit d'eau froide reste néanmoins variable dans l'installation, ce qui sous-entend la présence d'un bypass à débit variable des émetteurs.

8.31.3.5.3 Pertes thermiques récupérables par groupe

Les pertes thermiques récupérables $\Phi_{pertes,vc}^{em}(h)$ pour chaque Geocooling - Emission sont calculées comme suit, en répartissant les pertes « intergroupes » au prorata des débits d'eau froide :

$$\begin{aligned} \Phi_{pertes,vc}^{em}(h) = & W_{aux,vent}^{em}(h) + \phi_{pertes,d}^{em}(h) + \phi_{pertes,r}^{em}(h) \\ & + \text{Part}_{recup\_intgr} \cdot \frac{q_{eff}^{em}(h)}{q_{eff}^{dist}(h)} \cdot (\phi_{pertes,d}^{dist}(h) + \phi_{pertes,r}^{dist}(h)) \end{aligned} \quad (1632)$$

Où $\text{Part}_{recup\_intgr}$ est la part récupérable des pertes thermiques vers l'ambiance rafraîchi des distributions intergroupes de geocooling, prise conventionnellement égale à 60%.

Si $q_{eff}^{dist}(h)$ est nul, ces pertes récupérables n'incluent que la contribution des ventilateurs locaux :

$$\Phi_{pertes,vc}^{em}(h) = W_{aux,vent}^{em}(h) \quad (1633)$$

A noter qu'à l'instar de l'hypothèse faite dans la méthode Th-BCE, §8.10.3.3.2 pour les distributions intergroupes de refroidissement, les consommations de circulateur sont considérées non-récupérables.

$\Phi_{pertes,vc}^{em}(h)$ vient s'ajouter aux pertes et consommations électriques récupérables prévues au chapitre 11.1 de la méthode Th-BCE pour le groupe contenant l'émission du geocooling, conformément aux spécifications de l'ouverture relative au rafraîchissement.

8.31.3.5.4 Calcul des données de sortie pour la modélisation de la source amont géothermique

La quantité d'énergie rejetée à la source est égale à l'énergie envoyée sur le réseau de distribution :

$$\Phi_{rejet,geo}(h) = Q_{geo,eff}(h) \quad (1634)$$

8.31.3.5.4.1 Cas où l'échangeur intermédiaire est présent dans l'installation de géocooling

Soient $\varepsilon_{geo}(h)$ l'efficacité de l'échangeur de géocooling, et $\theta_{r,amont}(h)$ la température retour de la source amont calculée dans l'équation (1599).

L'efficacité de l'échangeur est calculée selon la méthode utilisée pour les échangeurs intermédiaires des sources amont de type « captage de type nappe avec échangeur », définie au chapitre Générateurs sur fluide amont eau ($id_{fluide-amont}^{gnr}=1$) de la méthode Th-BCE, en faisant l'hypothèse d'un échangeur à contre-courant.

On caractérise l'échangeur de géocooling en partant du principe que le débit d'eau côté source est fixé à sa valeur nominale. Bien que le débit côté distribution, $q_{eff}^{dist}(h)$, puisse varier, on fera l'hypothèse que le coefficient d'échange UA_{nom} reste applicable. Par ailleurs, on considèrera que les constantes physiques du fluide côté source sont celles de l'eau sans additif (type glycol).

$$NUT(h) = \frac{3600 \cdot UA_{geo,nom}}{\rho_e \cdot c_e \cdot MIN(q_{eff}^{dist}(h); q_{nom,geo})} \quad (1635)$$

On détermine le coefficient de déséquilibre de l'échange thermique :

$$C(h) = \frac{MIN(q_{nom,geo}; q_{eff}^{dist}(h))}{MAX(q_{nom,geo}; q_{eff}^{dist}(h))} \quad (1636)$$

Si $C(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1637)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}}{1 - C(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}} \quad (1638)$$

On en déduit la température $\theta_{d,aval,pc}(h)$ correspondant à un fonctionnement à débit d'eau côté source fixé à sa valeur nominale :

$$\theta_{d,aval,pc}(h) = \theta_{r,aval}(h) + \varepsilon_{geo}(h) \cdot \frac{MIN(q_{nom,geo}; q_{eff}^{dist}(h))}{q_{eff}^{dist}(h)} \cdot (\theta_{r,aval}(h) - \theta_{r,amont}(h)) \quad (1639)$$

La puissance nominale équivalente de l'échangeur de géocooling à communiquer à la source amont géothermique est calculée de la manière suivante :

$$P_{n,geo}(h) = q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{r,aval}(h) - \theta_{d,aval,pc}(h)) \quad (1640)$$

$P_{n,geo}(h)$ est nécessairement positive ou nulle.

Le taux de charge équivalent de l'échangeur de géocooling peut être estimé de la façon suivante :

$$\tau_{charge,geo}(h) = MIN\left(1; \left| \frac{\Phi_{rejet,geo}(h)}{P_{n,geo}(h)} \right| \right) \quad (1641)$$

Si $P_{n,geo}(h)$ est nulle, alors $\tau_{charge,geo}(h) = 0\%$.

8.31.3.5.4.2 Cas où l'échangeur intermédiaire est absent de l'installation de géocooling

Il n'y a pas d'échangeur intermédiaire entre le circuit des capteurs géothermiques et celui du réseau d'eau du bâtiment, il n'est donc pas nécessaire de modéliser celui-ci et par conséquent de réaliser les calculs présents dans le paragraphe précédent.

Dans ce cas, en ce qui concerne les derniers nœuds de température à déterminer, nous avons uniquement les relations suivantes :

$$\theta_{d,aval,pc}(h) = \theta_{d,Geo}(h) = \theta_{r,amont}(h) \quad (1642)$$

$$\theta_{r,aval}(h) = \theta_{r,Geo}(h) = \theta_{d,amont}(h) \quad (1643)$$

8.31.3.5.5 Consommation électrique totale des circulateurs de l'installation de geocooling

Ce calcul est intégré dans la fonction d'appel **Termine** propre à l'ouverture du moteur partie génération.

La consommation électrique totale des circulateurs de l'installation de geocooling est la somme de celle du circulateur de distribution $W_{circ}^{dist}(h)$ et du circulateur de la source amont géothermique $W_{aux,am}(h)$. Cette consommation est répartie dans chaque composant Geocooling – Emission, afin d'être ajoutée directement aux consommations d'auxiliaires du groupe contenant ce composant.

La répartition se fait au prorata des débits d'eau froide effectifs de chaque émission :

$$W_{aux,dis}^{em}(h) = \frac{q_{eff}^{em}(h)}{q_{eff}^{dist}(h)} \cdot (W_{circ}^{dist}(h) + W_{aux,am}(h)) \quad (1644)$$

Dans le cas où $q_{eff}^{dist}(h)$ est nul, la répartition se fait au prorata des débits d'eau froide nominaux de chaque émission :

$$W_{aux,dis}^{em}(h) = \frac{q_{nom}^{em}}{q_{nom}^{dist}} \cdot (W_{circ}^{dist}(h) + W_{aux,am}(h)) \quad (1645)$$

8.32 C_BAT_Fonctionnement/gestion/régulation des brasseurs d'air

8.32.1 INTRODUCTION

Les brasseurs d'air pouvant être pris en compte sont les brasseurs fixés au bâti. La présente fiche algorithmique précise les modalités de prise en compte des brasseurs d'air installés en plafond. Ils sont installés de manière à ne pas présenter de danger pour les occupants.

La modélisation des brasseurs d'air sera réalisée en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Un composant brasseur d'air est créé pour chaque type de brasseur d'air.
- Un seul type de brasseur d'air admis pour une même pièce cloisonnée
- La vitesse de l'air dans une zone couverte par des brasseurs d'un certain type est directement proportionnelle au taux de brassage dans cette zone.
- Le modèle utilisé est valable pour des hauteurs sous plafond inférieures à 3m.
- Pour des brasseurs d'un même type, on applique la même gestion/régulation ne sachant pas l'emplacement exact de l'occupant.
- La surface maximale desservie par un brasseur d'air est de 15 m².
- Le fonctionnement des brasseurs d'air n'est possible qu'en période refroidissement.

La modélisation de la gestion/régulation des brasseurs d'air est réalisée selon la température ressentie par les occupants, ou perçue par la sonde du système de régulation. Le débit brassé peut être égal à trois valeurs différentes (0, $Q_{V_{air\_br\_p\_int}}$ et $Q_{V_{air\_br\_p\_max}}$). Le profil choisi pour le choix du débit en fonction de $\theta_{op,fin}$ est un profil à hystérésis en deux paliers basé sur 4 paramètres $\theta_{op\_dec\_br}$, $\Delta\theta_{op\_1\_br}$, $\Delta\theta_{op\_2\_br}$ et $\Delta\theta_{op\_3\_br}$ (voir [Figure 178](#)).

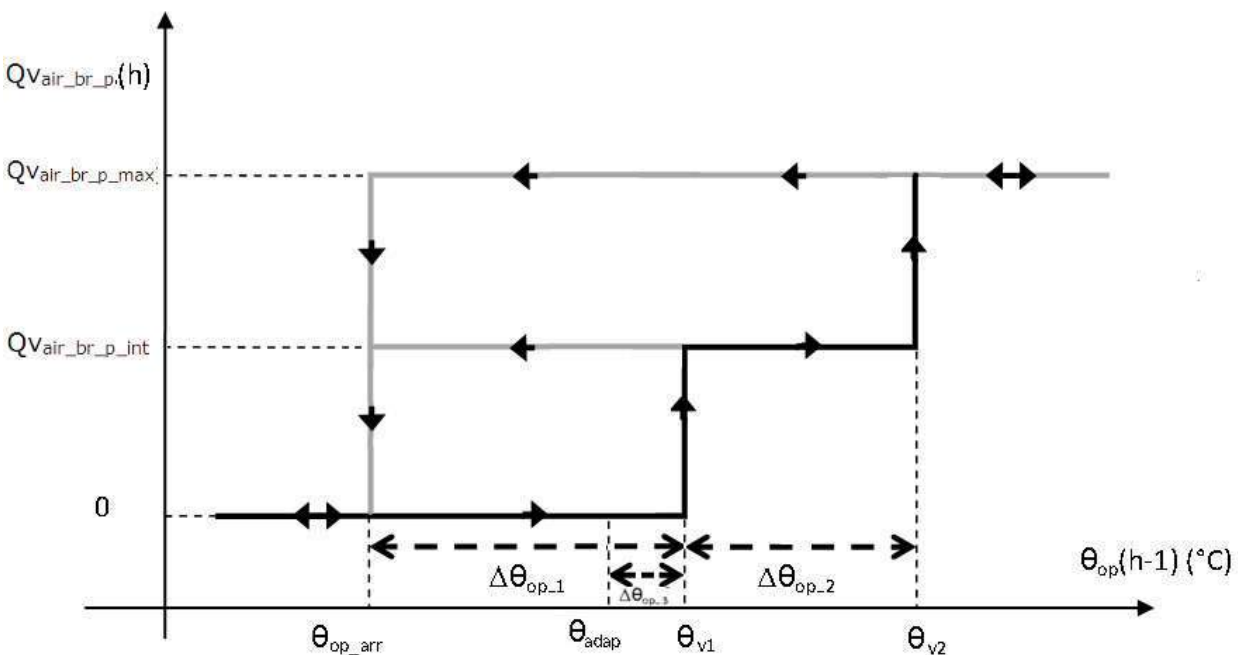


Figure 178 : Débit brassé en fonction de la température opérative intérieure au pas de temps précédent

8.32.2 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Zone	h_{leg}	Heure légale au pas de temps h .	h			
	$Aut\_fr\_pro^{gr}(h)$	Autorisation de refroidissement propre au groupe, délimitant la période été	Bool			
	$\theta_i(h)$	Température de l'air intérieur du groupe considéré, au pas de temps h .	°C			
	$\theta_{rm}(h)$	Température radiante moyenne du groupe considéré, au pas de temps h .	°C			
	$\theta_{iif}^+(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C			
	$\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C			
	Type_Usage ^z	Type d'usage de la zone	Entier			
	$i_{occ\_zone}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h : vrai : zone en occupation faux : zone en inoccupation	Entier			
	$\theta_{iif}^+(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C			
	Agr	Surface du groupe	m ²			
	Vol	Volume du groupe.	m ³			
	$\theta_{op,fin}(h-1)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps $h-1$.	°C			
	$\theta_{op,fin}(h-2)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps $h-2$.	°C			
Groupe	categorie_CE1_CE2 ^{gr}	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe (1=CE1 / 2=CE2)	-	1	2	
	$I_{climatise}^{gr}$	Indicateur au niveau du groupe précisant si le groupe est climatisé ou non (0=non climatisé / 1=climatisé)	-	0	1	
Sorties du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air.	°C			
	$W_{abs-BA-p}(h)$	Consommation électrique de l'ensemble de brasseurs d'air de type p au pas de temps h	Wh			
	$W_{abs-BA}^{gr}(h)$	Consommation électrique de l'ensemble de brasseurs d'air du groupe au pas de temps h	Wh			
	$\Phi_{th-BA-vc-p}(h)$	Flux de chaleur vers l'ambiance associé à la consommation électrique des brasseurs d'air de type p au pas de temps h	Wh			
	$\Phi_{th-BA-vc}^{gr}(h)$	Flux de chaleur vers l'ambiance associé à la consommation électrique de l'ensemble des brasseurs d'air du groupe au pas de temps h	Wh			

Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
p	Type de brasseur.	Entier	0	+∞		
N _{br_p}	Nombre de brasseurs de type p.	Entier	0	+∞		
Rat _{br_p}	Ratio de surface utile des pièces cloisonnées couvertes par les brasseurs de type p.	Réel	0	1		
Rat _{Us_BA_p}	Ratio de surface utile des pièces occupées pour un usage jour/nuit donné (identique quel que soit le type de brasseur d'un même type d'usage)	Réel	0	1		
Us _p	Type d'usage pour les brasseurs de type p (Jour/Nuit/Jour et nuit).	Entier	0	1		
mode_gestion_br_p	Paramètre de définition du mode de gestion des brasseurs de type p	Entier	1	3		
Δθ _{op_1_br_p_th_aut}	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique avec thermostats pour les brasseurs de type p.	°C	0	+∞		
Δθ _{op_2_br_p_th_aut}						
Δθ _{op_3_br_p_th_aut}						
Δθ _{op_1_br_p_aut}	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique pour les brasseurs de type p.	°C	0	+∞		
Δθ _{op_2_br_p_aut}						
Δθ _{op_3_br_p_aut}						
θ _{op_dec_br_p_aut}	Température de déclenchement des brasseurs d'air de type p en gestion automatique.	°C	0	+∞		
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
type_P _{elec_br_p_max}	Caractère certifié/justifié/déclaré de la puissance maximale d'un brasseur d'air de type p	-	-	-		
P _{elec_br_p_max}	Puissance électrique individuelle maximale certifiée,justifiée ou déclarée d'un brasseur d'air de type p.	W	0	+∞		
P _{elec_br_p_max_corr}	Puissance électrique individuelle maximale corrigée d'un brasseur d'air de type p.	W	0	+∞		
type_Q _{vair_br_p_max}	Caractère certifié/justifié/déclaré du débit volumique maximal d'un brasseur d'air de type p	-	-	-		
Q _{vair_br_p_max}	Débit volumique individuel maximal certifié, justifié ou déclaré d'un brasseur d'air de type p.	m3/h	0	+∞		
Q _{vair_br_p_max_corr}	Débit volumique individuel maximal corrigé-d'un brasseur d'air de type p.	m3/h	0	+∞		
Variables internes						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
P _{elec_br_p(h)}	Puissance électrique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	W				
Q _{vair_br_p(h)}	Débit volumique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	m3/h				

	$Q_{v_{air\_br\_p\_tot}}(h)$	Débit volumique d'un brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	m3/h			
	$T_{br\_p}(h)$	Taux de brassage rapporté au brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	vol/h			
	$v_{br\_p}(h)$	Vitesse moyenne dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	m/s			
	$\Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air en usage jour, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air en usage nuit, au pas de temps h.	°C			
Gestion :	$\Delta\theta_{op\_1\_br\_man}$ $\Delta\theta_{op\_2\_br\_man}$ $\Delta\theta_{op\_3\_br\_man}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	Voir le tableau 2
	$\theta_{op\_dec\_br\_man}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{op\_dec\_br\_man}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air de type p en gestion automatique avec thermostats.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{v1\_man},$ $\theta_{v2\_man},$ θ_{arr_man}	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{v1\_aut},$ $\theta_{v2\_aut},$ θ_{arr_aut}	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	$+\infty$	-
Constantes						
	Nom	Description	Unité			
	$\{Coef_{ep}(énergie ; 1)\}$	Matrice des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-		

Tableau 256 : Nomenclature du modèle

8.32.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

8.32.3.1 Conditions de prises en compte

Les brasseurs d'air ne peuvent être introduits que dans des groupes non-climatisés ($IS_{climatisé}^{gr} = 0$). Ils sont modélisés dans les modes Th-D et Th-C.

En mode Th-D, on considère leur utilisation possible durant l'ensemble de la période de confort adaptatif ($IS_{confort\_adaptatif}(h) = 1$).

En mode Th-C, leur utilisation est restreinte à la période de refroidissement du groupe ($Aut_{fr-pro} = 1$).

8.32.3.2 Paramètres d'intégration et intrinsèques

8.32.3.2.1 Définition d'un type p de brasseur d'air

Les brasseurs d'air de type p sont définis par plusieurs paramètres qui sont les suivants :

- leur puissance électrique individuelle maximale certifiée, justifiée ou déclarée, $P_{elec\_br\_p\_max}$. Un coefficient correctif de 1.2 sera appliqué en cas de valeur déclarée et 1.1 en cas de valeur justifiée. La valeur corrigée vaut donc :

Si type_ $P_{elec\_br\_p\_max}$ = valeur certifiée

$$P_{elec\_br\_p\_max\ corr} = P_{elec\_br\_p\_max}$$

Sinon si type_ $P_{elec\_br\_p\_max}$ = valeur justifiée

$$P_{elec\_br\_p\_max\ corr} = 1,1 \times P_{elec\_br\_p\_max}$$

Sinon

$$P_{elec\_br\_p\_max\ corr} = 1,2 \times P_{elec\_br\_p\_max}$$

- leur puissance électrique individuelle intermédiaire $P_{elec\_br\_p\_int}$, calculée comme étant égale à 60% de la puissance électrique maximale corrigée

$$P_{elec\_br\_p\_int} = 0,6 \times P_{elec\_br\_p\_max\ corr}$$

- leur débit volumique horaire individuel maximal certifié, justifié ou déclaré $Qv_{air\_br\_p\_max}$. Un coefficient correctif de 0.8 sera appliqué en cas de valeur déclarée et de 0.9 en cas de valeur justifiée. La valeur corrigée vaut donc :

Si type_ $Qv_{air\_br\_p\_max}$ = valeur certifiée

$$Qv_{air\_br\_p\_max\ corr} = Qv_{air\_br\_p\_max}$$

Sinon Si type_ $Qv_{air\_br\_p\_max}$ = valeur justifiée

$$Qv_{air\_br\_p\_max\ corr} = 0,9 \times Qv_{air\_br\_p\_max}$$

Sinon

$$Qv_{air\_br\_p\_max\ corr} = 0,8 \times Qv_{air\_br\_p\_max}$$

- leur débit volumique horaire individuel intermédiaire $Qv_{air\_br\_p\_int}$ calculé comme étant égal à 60% du débit maximal corrigé

$$Qv_{air\_br\_p\_int} = 0,6 \times Qv_{air\_br\_p\_max\ corr}$$

- leur nombre N_{br_p} ,
- le pourcentage de la surface utile du groupe des pièces cloisonnées qu'ils desservent Rat_{br_p} avec une limite de 15 m² par brasseur de type p,

- leur type d'usage (Jour/Nuit) Us_p
- le ratio de surface associé à chacun de ces modes $Rat_{Us\_BA\_p}$ et leur mode de gestion $mode\_gestion\_br\_p$.

8.32.3.2.2 Définition de l'usage (Jour/Nuit)

L'usage est défini au niveau de chaque type p de brasseurs d'air. La variable Us_p peut prendre les valeurs suivantes:

- **0** : défini l'usage nuit pour les brasseurs de type p,
- **1** : défini l'usage jour pour les brasseurs de type p.
- **2** : défini l'usage jour et nuit pour les brasseurs de type p (uniquement pour les locaux ne distinguant pas les espaces « jours » des espaces « nuit »)

Remarque : Dans le cas particulier des locaux ne distinguant pas les espaces « jour » des espaces « nuit » (typiquement studio, petits appartements etc.) et pour lequel des brasseurs d'usage « jour et nuit » sont définis, si un brasseur d'un autre usage est également défini, une erreur apparaît.

8.32.3.2.3 Définition des ratios de surface

Deux ratios de surfaces sont utilisés dans le modèle.

- **Ratio de surface occupée d'un usage jour/nuit donné ($Rat_{Us\_BA\_p}$)**

$Rat_{Us\_BA\_p}$ a pour but de quantifier les surfaces du groupe occupées en fonction du type d'usage jour/nuit du brasseur d'air concerné. Cette valeur est identique pour tous les brasseurs d'un même type d'usage jour/nuit.

Les valeurs du

N° d'usage	Type d'usage associé	Us=Jour	Us=Nuit
1	Maisons individuelles ou accolées	0.6	0.4
2	Logements collectifs	0.54	0.36
3	Bureaux	0.7	0
4	Enseignement primaire	0.85	0
5	Enseignement secondaire	0.75	0
6	Médiathèques et bibliothèques	0.75	0
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0.75	0
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	0.728	0.728
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	0.728	0.728
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	0.5179	0
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	0.79	0
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0.728	0
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	0.7	0.7
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	0.7	0

16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	0.7	0
17	Commerces	0.93	0
18	Vestiaires seuls	0.75	0
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0.6	0.5
20	Etablissements de santé (partie nuit)	0.75	0.45
21	Etablissements de santé (partie jour)	0.65	0
22	Aérogares	1	0
23	Industries ou artisanats 3x8h	0.7	0.6
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0.7	0
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	0.75	0
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
28	Etablissements sportifs privés	0.75	0

Tableau 257 sont utilisées en fonction de la typologie de la zone concernée. Elles ont été définies conformément aux scénarios d'occupation conventionnels.

N° d'usage	Type d'usage associé	Us=Jour	Us=Nuit
1	Maisons individuelles ou accolées	0.6	0.4
2	Logements collectifs	0.54	0.36
3	Bureaux	0.7	0
4	Enseignement primaire	0.85	0
5	Enseignement secondaire	0.75	0
6	Médiathèques et bibliothèques	0.75	0
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0.75	0
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	0.728	0.728
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	0.728	0.728
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	0.5179	0
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	0.79	0
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0.728	0
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	0.7	0.7
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	0.7	0
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	0.7	0
17	Commerces	0.93	0
18	Vestiaires seuls	0.75	0
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0.6	0.5
20	Etablissements de santé (partie nuit)	0.75	0.45
21	Etablissements de santé (partie jour)	0.65	0
22	Aérogares	1	0

23	Industries ou artisanats 3x8h	0.7	0.6
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0.7	0
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	0.75	0
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
28	Etablissements sportifs privés	0.75	0

Tableau 257 : Rat_Us par défaut en fonction de la typologie de la zone et de l'usage jour/nuit des brasseurs

Remarque : Dans le cas particulier des locaux ne distinguant pas les espaces « jour » des espaces « nuit » (typiquement studio, petits appartements etc) et pour lequel des brasseurs d'usage « jour et nuit » sont définis, le ratio vaut :

Si $U_{sp} = 2$ (jour et nuit)

$$Rat_{Us\_BA\_p} = 1$$

▪ **Ratio de surface brassée Rat_{br_p} :**

Rat_{br_p} a pour but de définir la surface impactée par les brasseurs d'air. C'est cette surface qui est utilisée pour quantifier la vitesse de l'air mis en mouvement. L'utilisateur fournit pour chaque brasseur de type p, la surface des pièces fermées dans lesquelles ils sont installés. Seules les pièces appartenant aux locaux occupés tels que définis dans le

N° d'usage	Type d'usage associé	Us=Jour	Us=Nuit
1	Maisons individuelles ou accolées	0.6	0.4
2	Logements collectifs	0.54	0.36
3	Bureaux	0.7	0
4	Enseignement primaire	0.85	0
5	Enseignement secondaire	0.75	0
6	Médiathèques et bibliothèques	0.75	0
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0.75	0
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	0.728	0.728
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	0.728	0.728
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	0.5179	0
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	0.79	0
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0.728	0
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	0.7	0.7
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	0.7	0
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	0.7	0
17	Commerces	0.93	0
18	Vestiaires seuls	0.75	0
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0.6	0.5
20	Etablissements de santé (partie nuit)	0.75	0.45

21	Etablissements de santé (partie jour)	0.65	0
22	Aérogares	1	0
23	Industries ou artisanats 3x8h	0.7	0.6
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0.7	0
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	0.75	0
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0.7	0
28	Etablissements sportifs privés	0.75	0

Tableau 257 sont concernées.

On estime que pour un brasseur d'air de type p, la surface unitaire impactée ne peut être supérieure à 15 m². Dès lors le ratio de surface total est limité par :

$$Rat_{br\_p} = \min \left(\frac{15 * N_{br\_p}}{A_{gr}}; Rat_{br\_p} \right)$$

Un test de cohérence sur la valeur fournie par l'utilisateur permet de s'assurer que la surface totale couverte par les brasseurs d'une activité jour/nuit donnée ne peut être supérieure à la surface occupée par l'activité en question. Ainsi :

$$\sum_{\forall p:Us_p=0} Rat_{br\_p} < MIN \left[Rat_{Us\_BA\_p} |_{\forall p Us_p=0} \right]$$

Et

$$\sum_{\forall p:Us_p=1} Rat_{br\_p} < MIN \left[Rat_{Us\_BA\_p} |_{\forall p Us_p=1} \right]$$

Et

$$\sum_{\forall p:Us_p=2} Rat_{br\_p} < MIN \left[Rat_{Us\_BA\_p} |_{\forall p Us_p=2} \right]$$

Si ce test n'est pas respecté, une erreur apparaît.

8.32.3.2.4 Définition du mode de gestion

Les modes de gestion de la vitesse sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air. La variable *mode_gestion_br_p* peut prendre les valeurs suivantes :

- **1** : gestion manuelle de la vitesse (par les occupants).
- **2** : gestion automatique de la vitesse avec thermostats.
- **3** : gestion toute automatique de la vitesse.

8.32.3.2.4.1 Paramètres en gestion manuelle

Les températures de consigne permettant la modélisation des actions des occupants vis-à-vis de la régulation de la vitesse des brasseurs d'air sont intégralement conventionnelles.

Les valeurs permettant la définition des températures de consigne sont définies conventionnellement dans le tableau 4. Elles sont les mêmes pour tous les usages.

Paramètres	Valeurs conventionnelles en usage jour	Valeurs conventionnelles en usage nuit
$\Delta\theta_{op\_1\_br\_man}$	2°C	2°C
$\Delta\theta_{op\_2\_br\_man}$	4°C	4°C
$\Delta\theta_{op\_3\_br\_man}$	1°C	

Tableau 258: Paramètres conventionnels de consigne en gestion manuelle

La valeur de $\theta_{op\_dec\_br\_man}$ est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op\_dec\_br\_man}(h) = \theta_{iifr}^+(h) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h) + \Delta\theta_{op\_3\_br\_man} \quad (1646)$$

8.32.3.2.4.2 Paramètres en gestion automatique avec thermostats

Les paramètres de consigne en gestion automatique sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air.

Ces valeurs dépendent des paramètres de régulation utilisés dans le système automatique. L'utilisateur doit utiliser ses propres valeurs de consigne $\Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_th\_aut}$, $\Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_th\_aut}$ et $\Delta\theta_{op\_3\_br\_th\_aut}$.

La valeur de $\theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}$ est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h) = \theta_{iifr}^+(h) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h) + \Delta\theta_{op\_3\_br\_th\_aut} \quad (1647)$$

8.32.3.2.4.3 Paramètres en gestion toute automatique

Les paramètres de consigne en gestion automatique sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air.

Ces valeurs dépendent des paramètres de régulation utilisés dans le système automatique. L'utilisateur doit utiliser ses propres valeurs de consigne $\Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_aut}$, $\Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_aut}$, $\Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut}$ (0 par défaut) et $\theta_{op\_dec\_br\_p\_aut}$.

8.32.3.3 Détermination de la vitesse d'un type p de brasseur d'air

8.32.3.3.1 Détermination des températures de consigne

Les trois températures θ_{V1} , θ_{V2} et θ_{arr} doivent être calculées en fonction des données d'intégration $\Delta\theta_{op\_1\_br}$, $\Delta\theta_{op\_2\_br}$ et $\theta_{op\_dec\_br}$.

Pour une gestion manuelle :

$$\theta_{V1\_man}(h) = \theta_{op\_dec\_br\_man}(h) \quad (1648)$$

$$\theta_{V2\_man}(h) = \theta_{op\_dec\_br\_man}(h) + \Delta\theta_{op\_2\_br\_man}$$

$$\theta_{arr\_man}(h) = \theta_{op\_dec\_br\_man}(h) - \Delta\theta_{op\_1\_br\_man}$$

Pour une gestion automatique avec thermostat:

$$\theta_{V1\_th\_aut}(h) = \theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h) \quad (1649)$$

$$\theta_{V2\_th\_aut}(h) = \theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h) + \Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_th\_aut}$$

$$\theta_{arr\_th\_aut}(h) = \theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h) - \Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_th\_aut}$$

Pour une gestion toute automatique :

$$\theta_{V1\_aut} = \theta_{op\_dec\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut} \quad (1650)$$

$$\theta_{V2\_aut} = \theta_{op\_dec\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_aut}$$

$$\theta_{arr\_aut} = \theta_{op\_dec\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut} - \Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_aut}$$

8.32.3.3.2 Autorisation de fonctionnement des brasseurs d'air

Les brasseurs d'air ne sont pris en compte qu'au cours de la saison de refroidissement propre au groupe, qui s'apparente à la saison d'été au sens des scénarios.

Les algorithmes suivants ne sont exécutés que lorsque $Aut\_fr\_pro^{gr}(h) = vrai$.

8.32.3.3.3 Prise en compte de la gestion-régulation des brasseurs d'air de type p

8.32.3.3.3.1 *Prise en compte de l'occupation et de la plage horaire*

Un composant brasseurs d'air de type p est associé à un algorithme de gestion-régulation, selon une logique de gestion manuelle, automatique avec thermostat ou tout automatique (sans ajustement manuel des températures de consigne).

Dans tous les cas de figure, les brasseurs d'air sont considérés désactivés en période d'inoccupation ($i_{occ\_zone}(h)=0$), ce qui revient à un débit d'air de brassage nul :

$$\left| \begin{array}{l} Si i_{occ\_zone}(h)=0, alors \\ \qquad \qquad \qquad Qv_{air\_br\_p}(h) = 0 \end{array} \right. \quad (1651)$$

Par ailleurs, si le brasseur d'air est restreint à un usage jour ($Usp = 1$) ou nuit ($Usp = 0$), il est considéré désactivé en dehors de la plage horaire correspondante.

$$\left| \begin{array}{l} Pour Usp = 1 : jour, \\ \quad Si h\_leg(h) > 22h ou h\_leg(h) \leq 6h, alors \\ \qquad \qquad \qquad Qv_{air\_br\_p}(h) = 0 \end{array} \right. \quad (1652)$$

$$\left| \begin{array}{l} Pour Usp = 0 : nuit, \\ \quad Si h\_leg(h) \leq 22h et h\_leg(h) > 6h, alors \\ \qquad \qquad \qquad Qv_{air\_br\_p}(h) = 0 \end{array} \right. \quad (1653)$$

Dès lors qu'aucune des conditions listées ci-dessus n'est vérifiée, les brasseurs de type p peuvent être activés. On modélise alors la gestion – régulation en fonction de la température opérative intérieure selon le paragraphe ci-dessous.

8.32.3.3.3.2 *Gestion – régulation en fonction de la température opérative intérieure*

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la 8.32.3.3.1 Il est le même pour les trois types de gestion : manuelle, automatique avec thermostat ou tout automatique (sans ajustement manuel des températures de consigne). On utilise cependant des températures de consignes θ_{V1} , θ_{V2} et θ_{arr} calculées et paramétrées différemment (voir §8.32.3.3.1).

L'algorithme est décrit en détails ci-dessous dans l'hypothèse d'une régulation manuelle :

$$\begin{aligned}
& \text{Si } \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr\_man} \\
& \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = 0 \\
& \text{Sinon, si } \theta_{arr\_man} \leq \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v1\_man}, \\
& \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p}(h-1) \\
& \text{Sinon, si } \theta_{v1\_man} \leq \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_man} \\
& \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = MAX(Qv_{air\_br\_p\_int}; Qv_{air\_br\_p}(h-1)) \\
& \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_man} \\
& \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_max\_corr}
\end{aligned} \tag{1654}$$

Pour toute la durée de la période « nuit », une distinction est faite en fonction du type d'usage de la zone : zones à caractère résidentiel ou d'hébergement d'une part, zones à autres usages de l'autre. En résidentiel et hébergement, on considère d'une part que la vitesse maximale du brasseur ne peut être appliquée pour des raisons acoustiques, et d'autre part, en cas de gestion manuelle, que le débit du brasseur d'air est bloqué sur la position qu'il avait à 23h.

Pour $Usp = 0$: nuit ou $Usp = 2$: jour et nuit,

$$\begin{aligned}
& \text{Si } i_{hergement} = 1 \text{ et } (h\_leg(h) > 22h \text{ ou } h\_leg(h) \leq 6h) \\
& \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = \min(Qv_{air\_br\_p}(h); Qv_{air\_br\_p\_int}) \\
& \text{Si gestion manuelle \& [Si } h\_leg(h) > 23h \text{ ou } h\_leg(h) \leq 6h] \\
& \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p}(h-1)
\end{aligned}$$

8.32.3.4 **Calcul de l'impact des brasseurs d'air sur la température opérative** $(\Delta\theta_{op}^{BA}(h))$

8.32.3.4.1 Calcul du $\Delta\theta_{op}^{BA\_p}$ engendré par un ensemble de brasseurs d'air de type p

Le $\Delta\theta_{op}^{BA\_p}$ engendré par le fonctionnement d'un ensemble de brasseurs d'air de type p est calculé grâce aux différents paramètres définis dans le paragraphe 1.1.3.1.1. Pour chaque type p de brasseurs d'air, on applique la procédure *Calcul_* $\Delta\theta_{op}$ décrite ci-dessous :

$$\Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h) = \text{Calcul\_}\Delta\theta_{op}(p, Qv_{air\_br\_p}(h)) \tag{1655}$$

Algorithme *Calcul_* $\Delta\theta_{op}(p, Qv_{air\_br\_p})$:

D'un ensemble de brasseurs de type p, on se ramène à un brasseur de type p équivalent dont le débit volumique horaire serait :

$$Qv_{air\_br\_p\_tot}(h) = Qv_{air\_br\_p}(h) \cdot N_{br\_p} \tag{1656}$$

On définit ensuite le taux de brassage τ_{br_p} rapporté au brasseur de type p équivalent :

$$\tau_{br\_p}(h) = \frac{Qv_{air\_br\_p\_tot}(h)}{Vol \cdot Rat_{br\_p}} \tag{1657}$$

La vitesse moyenne v_{br_p} dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p peut être approchée par la formule suivante :

$$v_{br\_p}(h) = 0,0032 \cdot \tau_{br\_p}(h) \quad (1658)$$

On peut ensuite partir de cette vitesse pour calculer le $\Delta\theta_{op}^{BA\_p}$ qui est engendré par le fonctionnement d'un ensemble de brasseurs d'air de type p au débit $Qv_{air\_br\_p\_max\_corr}$ ou $Qv_{air\_br\_p\_int}$ qui est actualisé à chaque pas de temps selon la valeur de la température opérative, des paramètres de gestion et de l'usage (Jour/Nuit). Le $\Delta\theta_{op}^{BA\_p}$ dépend donc de la vitesse moyenne v_{br_p} dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p mais aussi de la température radiante moyenne θ_{rm} , de la température de l'air intérieure θ_i dans le groupe et se calcule grâce à la formule empirique suivante :

Si $v_{br\_p} \leq 0.2$

$$\Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h) = 0$$

Sinon

(1659)

$$\Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h) = (1,8322 \cdot e^{0,0361 \cdot (\theta_{rm}(h-1) - \theta_i(h-1))}) \cdot \ln(v_{br\_p}(h)) + (3,0498 \cdot e^{0,0368 \cdot (\theta_{rm}(h-1) - \theta_i(h-1))})$$

Après avoir calculé les différents $\Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)$, on peut calculer le $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$ global engendré par l'ensemble des brasseurs d'air présents dans le groupe, au prorata des surfaces desservies et en fonction de l'activité de chacun. On calcule ainsi un $\Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h)$ et un $\Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h)$:

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h) &= \frac{\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br\_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BA\_p} \right]_{\forall p Us_p=0}} \\ &+ \frac{\sum_{\forall p: Us_p=2} Rat_{br\_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BA\_p} \right]_{\forall p Us_p=2}} \\ \Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h) &= \frac{\sum_{\forall p: Us_p=1} Rat_{br\_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BA\_p} \right]_{\forall p Us_p=1}} \\ &+ \frac{\sum_{\forall p: Us_p=2} Rat_{br\_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BA\_p} \right]_{\forall p Us_p=2}} \end{aligned} \quad (1660)$$

Si $6 < h_{lég} \leq 22$, alors

$$\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h) \quad (1661)$$

Sinon, si $22 < h_{lég} \leq 6$, alors

$$\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h)$$

On obtient en sortie de cet algorithme le $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$ global.

8.32.3.5 Calcul de la consommation des brasseurs d'air C_{BA} par groupe, zone et bâtiment

On calcule le débit des brasseurs de type p à chaque pas de temps h. La puissance électrique consommée par le brasseur d'air est proportionnelle au débit de ce même brasseur. Il en résulte l'algorithme suivant permettant de calculer la consommation des brasseurs d'air au pas de temps h $W_{abs-BA-p}(h)$:

$$Si \quad Qv_{air\_br\_p}(h) = 0, \quad (1662)$$

$$\begin{aligned}
P_{elec\_br\_p}(h) &= 0 \\
\text{Sinon, si } Qv_{air\_br\_p}(h) &= Qv_{air\_br\_p\_int}, \\
P_{elec\_br\_p}(h) &= P_{elec\_br\_p\_int} \\
\text{Sinon, si } Qv_{air\_br\_p}(h) &= Qv_{air\_br\_p\_max\_corr} \\
P_{elec\_br\_p}(h) &= P_{elec\_br\_p\_max\_corr}
\end{aligned}$$

Finalement, on calcule la consommation des auxiliaires associée aux brasseurs d'air, ainsi que le flux thermique vers l'ambiance associé à cette consommation :

$$W_{abs\_BA\_p}(h) = P_{elec\_br\_p}(h) \quad (1663)$$

$$\Phi_{th\_BA\_vc\_p}(h) = P_{elec\_br\_p}(h) \quad (1664)$$

$W_{abs\_BA\_p}(h)$ et $\Phi_{th\_BA\_p}(h)$ sont sommés pour l'ensemble des brasseurs d'air présent dans le groupe gr :

$$W_{abs\_BA}^{gr}(h) = \sum_{p \in gr} W_{abs\_BA\_p}(h) \quad (1665)$$

$$\Phi_{th\_BA\_vc}^{gr}(h) = \sum_{p \in gr} \Phi_{th\_BA\_p}(h) \quad (1666)$$

8.33 Sn_Methode_VEFA_TCH_Chauffage_Effet_Joule

8.33.1 INTRODUCTION

Ce document a pour but de décrire les modalités de prise en compte d'un système de chauffage par défaut en résidentiel, lorsqu'il est installé dans le cadre des travaux acquéreur, suivant l'arrêté du 28 octobre 2019 fixant la liste limitative et les caractéristiques des travaux réservés par l'acquéreur d'un immeuble vendu en l'état futur d'achèvement.

Cette présente fiche décrit les caractéristiques à saisir pour ce système (de la génération jusqu'à l'émetteur).

Remarque : Seul le choix du dimensionnement en puissance est modifiable par l'utilisateur. Il est rappelé que ce dimensionnement doit respecter l'article R. 171-11 du code de la construction et de l'habitation.

La saisie de ce système se réalise uniquement à la livraison du bâtiment sans aucun générateur de chauffage.

Cette présente fiche est structurée autour des axes suivants :

- une liste des hypothèses de modélisation de ce système de chauffage par effet joule
- une description des différents composants adoptés pour caractériser ce système de chauffage par effet joule
- une description du scénario d'utilisation du système
- le calcul des consommations liées au générateur effet joule défini

8.33.3 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Données générales					
$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h			
$Usage_z$	Type d'usage de la zone $n^o z$	-			
Rat_{loc}^l	Ratio de surface utile du local l /surface utile de la zone	-			
A_z	Surface de la zone $n^o z$ du bâtiment	m ²			
A_g	Surface du groupe $n^o g$ de la zone $n^o z$	m ²			
Id_groupe	Index du groupe $n^o g$	-			
$Mode$	Mode de calcul en cours	-			
Données liées au générateur électrique effet joule par défaut					
Q_{req}	Demande en énergie transmise au générateur via la gestion/régulation de la génération.	Wh	0	$+\infty$	-
$id_{fonction}$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le Q_{req} (1 : chauffage, 2: refroidissement, 3: ECS), pour les générateurs multi-fonctions.	Ent	1	3	-
Données liées à l'émission de chaud					
$i_{occ\_zone}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h	Ent.			
$i_{occ\_zone}(h-1)$	Indicateur d'occupation au temps $h-1$	Ent.			
$\theta_{i,moy(0;0)}(h)$	Température moyenne de l'air à puissance nulle	°C			
$\theta_{i,moy(10;0)}(h)$	Température moyenne de l'air pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C			
$\theta_{i,moy(0;10)}(h)$	Température moyenne de l'air pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C			
$\theta_{s,moy(0;0)}(h)$	Température moyenne secondaire du groupe à puissance nulle	°C			

$\theta_{s,moy(10;0)}(h)$	Température moyenne secondaire pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C
$\theta_{s,moy(0;10)}(h)$	Température moyenne secondaire pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
$\theta_{m,moy(0;0)}(h)$	Température moyenne de masse à puissance nulle	°C
$\theta_{m,moy(10;0)}(h)$	Température moyenne de masse pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C
$\theta_{m,moy(0;10)}(h)$	Température moyenne de masse pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
$\theta_{rm,moy(0;0)}(h)$	Température radiante moyenne à puissance nulle	°C
$\theta_{rm,moy(10;0)}(h)$	Température radiante moyenne pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C
$\theta_{rm,moy(0;10)}(h)$	Température radiante moyenne pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
$\theta_{op,moy(0;0)}(h)$	Température opérative moyenne ressentie à puissance nulle	°C
$\theta_{op,moy(10;0)}(h)$	Température opérative moyenne une puissance émise de 10 W/m ² intégralement convective.	°C
$\theta_{op,moy(0;10)}(h)$	Température opérative moyenne ressentie pour une puissance émise de 10 W/m ² intégralement radiative.	°C
$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h.	Ent.
$\theta_{iifr\_relance}(h)$	Température de consigne initiale de refroidissement définie par le scénario de relance au pas de temps h.	°C
$\theta_{iifr}(h)$	Température de consigne initiale de refroidissement au pas de temps h	°C
$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison effective de chauffage. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Ent.
$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison effective de refroidissement. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	Ent.
$Q_{sys\_lat}^{em}(h)$	Energie latente fournie par l'émetteur <i>em</i> au pas de temps h.	Wh
$Q_{sys\_lat}(h)$	Energie latente fournie par l'ensemble des émetteurs au pas de temps h.	Wh

Données liées aux réseaux de distribution intergroupe de chaud

$Rat_{eff\_fr}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur <i>em</i> en refroidissement, pour le groupe <i>gr</i> desservi par la distribution intergroupes.	Ent
$\theta_{i,moy}^{gr}(h)$	Température de l'air intérieur moyenne dans le groupe <i>gr</i> au pas de temps <i>h</i> (après croisement).	°C
$\theta_{air\_souffle}^{gr,s}(h)$	Température d'air soufflé en amont de l'ensemble bouche/conduit de soufflage <i>s</i> du groupe <i>gr</i> .	°C
$q_{m,spec\_souffle}^{gr,s}(h)$	Débit massique d'air soufflé de l'ensemble bouche/conduit de soufflage <i>s</i> du groupe <i>gr</i> .	kg/s
$i_{relance}^{ds}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps <i>h</i> , à transmettre au réseau de distribution intergroupes.	Ent.
$\delta_{fonct}^{ds}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau du groupe : <i>0</i> : Le réseau du groupe ne débite pas, <i>1</i> : Le réseau du groupe débite.	Entier
$q_{eff}^{ds}(h)$	Débit volumique dans le réseau du groupe en refroidissement.	m³/h
$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe <i>ds</i> , pour le refroidissement.	°C
$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température du retour du réseau du groupe <i>ds</i> , pour le refroidissement.	°C
$Q_{sys\_fr}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe <i>ds</i> en refroidissement.	Wh

Variables d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Variables liées à l'objet générateur électrique effet joule					
id_{fougen}	Fonction du générateur : - 1 : Chauffage, - 2 : Refroidissement, - 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS - 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent	1	5	1
id_{engen}	Energie principale du générateur.	Ent	10	69	50
P_{ngen}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur.	W	0	$+\infty$	-
Φ_{threac}	Pertes thermiques effectives du générateur vers l'ambiance au pas de temps <i>h</i> .	Wh	0	$+\infty$	-

Variables liées à l'émission de chaud

1) Paramètres initialement intrinsèques

$id_{em\_chaud}^{em}$	Booléen indiquant si l'émetteur em a une fonction de chauffage.	Bool	0	1	1
$id_{em\_froid}^{em}$	Booléen indiquant si l'émetteur em a une fonction de refroidissement (un émetteur peut avoir les deux fonctions).	Bool	0	1	0
$\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$	Variation spatiale en mode chauffage.	°C	$-\infty$	$+\infty$	Voir Tableau 260
$P_{emconv\_ch}^{em}$	Ratio d'énergie convective sur l'énergie totale transmise pour le chauffage	-	0	1	0.95
P_{per}^{em}	Ratio de pertes au dos de l'émetteur sur l'énergie émise.	-	0	1	0
$Gest_{VCV}^{em}$	Mode de gestion/régulation des ventilateurs locaux de l'émetteur : <i>0 : Pas de ventilateurs</i> <i>1 : Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte</i>	Ent.	0	1	
i_{spv}^{em}	Présence d'un régime de super petite vitesse automatique sur le ventilo-convecteur : <i>0 : Non</i>	Bool	0 (Non)	0 (Non)	0
$P_{VCV\_GV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de grande vitesse.	W	0	$+\infty$	Voir Tableau 262
$P_{VCV\_MV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de moyenne vitesse.	W	0	$+\infty$	Voir Tableau 262
$P_{VCV\_PV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de petite vitesse.	W	0	$+\infty$	Voir Tableau 262
$P_{VCV\_SPV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de super petite vitesse.	W	0	$+\infty$	Voir Tableau 262
id_{regul_batt}	Type de régulation de la batterie de refroidissement : <i>1 – Autre cas</i>	-	1	-	1
$\theta_{batt\_dim}^{em}$	Température de dimensionnement de la batterie froide de l'émetteur.	°C	0	25	-
FB_{batt}^{em}	Facteur de by-pass de la batterie pour une batterie à débit d'eau régulé de façon progressive (conventionnel).	Réel	0	1	0.8
$\delta\theta_{vt\_ch}^{em}$	Variation temporelle en mode chauffage.	°C	0,2	$+\infty$	1.8
$P_{sd\_ch}^{em}$	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur de l'émetteur pour le chaud <i>Valeurs extrêmes :</i> <i>0 : mesure sur la température radiante,</i> <i>1 : mesure sur la température de l'air.</i>	Réel	0	1	0.5

2) Paramètres initialement d'intégration

$Rat_{s\_ch}^{em}$	Ratio de la surface utile traitée par l'émetteur à la surface utile totale du groupe en chaud	-	0	1	
$Rat_{t\_ch}^{em}$	Part assurée par l'émetteur dans l'énergie de chaud totale fournie à la surface utile traitée.	-	0	1	
i_{clim}	Booléen indiquant si le groupe est refroidi.	Bool	0	0	0
A_{gr}	Surface utile du groupe.	m ²	0	$+\infty$	-
id_{type}	Type de réseau de distribution du groupe : <i>0 : réseau de distribution fictif</i>	Ent.	0	-	-
id_{gest_ch}	Mode de régulation de la température de la distribution du groupe associée à l'émetteur : <i>0 : sans objet</i>	Ent	0	-	-
$\theta_{dep\_dim\_ch}$	Température de départ de dimensionnement	°C	$-\infty$	$+\infty$	0
$\theta_{ret\_dim\_ch}$	Température de retour de dimensionnement	°C	$-\infty$	$+\infty$	0
$\Delta\theta_{em\_dim\_ch}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement en chaud	°C	$-\infty$	$+\infty$	0

3) Variables initialement internes

$Rat_{em\_eq\_ch}$	Part de l'énergie fournie au groupe assurée par l'émetteur équivalent en chaud	-			
$\delta\theta_{vt\_ch}$	Variation temporelle de l'émetteur équivalent de chaud	°C			
$\delta\theta_{vs\_ch}$	Variation spatiale de l'émetteur équivalent de chaud.	°C			
$P_{emconv\_eq\_ch}$	Ratio d'énergie convective de l'émetteur équivalent de chaud	-			
$P_{sd\_eq\_ch}$	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur associé à l'émetteur équivalent de chaud <i>Valeurs extrêmes :</i> <i>0 : mesure sur la température radiante,</i> <i>1 : mesure sur la température de l'air.</i>	-			
$\theta_{l\_eq\_ch}(h)$	Température de consigne équivalente en chauffage	°C			
$\theta_{sd\_eq\_ch}(h)$	Température vue par la sonde de l'émetteur équivalent de chaud au début du pas de temps.	°C			
P_{emconv}	Ratio d'énergie convective de l'émetteur équivalent de froid sollicité.	-	0	1	0.95
P_{sd}	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur associé à l'émetteur équivalent de froid sollicité. <i>Valeurs extrêmes :</i> <i>0 : mesure sur la température radiante,</i> <i>1 : mesure sur la température de l'air.</i>	-	0	1	0.5
$\theta_{sd\_o}(h)$	Température vue par la sonde associée au régulateur de l'émetteur équivalent de chaud sollicité, en fin de temps et à puissance émise nulle.	°C			
$\theta_{sd\_10}(h)$	Température vue par la sonde associée au régulateur de l'émetteur équivalent de chaud sollicité, en fin de temps et à puissance émise de 10 kW.	°C			
$\theta_{ic}(h)$	Température de consigne équivalente de chaud.	°C			

$W_{vent\_loc}^{em}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs locaux de l'émetteur em.	Wh
$\Phi_{vent\_loc\_amb}^{em}(h)$	Energie transmise à l'ambiance par les ventilateurs sous forme de chaleur.	Wh
$Q_{v\_recirc}^{em}(h)$	Débit volumique de recirculation des ventilateurs locaux de l'émetteur em.	m³/h
$Q_{m\_recirc}^{em}(h)$	Débit massique de recirculation des ventilateurs locaux de l'émetteur em.	kg/s
$\theta_{batt}^{em}(h)$	Température de batterie froide de l'émetteur pour le calcul de la déshumidification.	°C
a_0	Ordonnée à l'origine de la droite du groupe	W
a_1	Pente de la droite du groupe	W/°C
$\Phi_{util}(h)$	Puissance moyenne utile appelée par le groupe	W
$\Phi_{crois}(h)$	Puissance nécessaire issue du croisement	W

Gestion/régulation des réseaux de distribution intergroupes de froid

1) Paramètres initialement d'intégration

$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes : 1 : <i>chauffage</i>	Entier	1	-	-

2) Paramètres initialement intrinsèques

id_{type}	Type de réseau de distribution intergroupes : 0 : <i>réseau de distribution fictif.</i>	Entier	0	-	-
$id_{v\_air}^{ds}$	Type de batterie associée à la distribution du groupe ds: 0 : <i>Batterie sur air du local.</i>	Entier	0	-	-
id_{circ_ch}	Mode de régulation du circulateur : 0 : <i>Pas de circulateurs.</i>	Ent.	0	-	-
$\theta_{dep\_dim\_ch}^{ds}$	Température de départ de dimensionnement.	°C	-∞	+∞	0
$\theta_{ret\_dim\_ch}^{ds}$	Température de retour de dimensionnement.	°C	-∞	+∞	0
$\Delta\theta_{em\_dim\_ch}^{ds}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	-∞	+∞	0
q_{resid}^{ds}	Débit résiduel minimal dû à des circulateurs en régime de fonctionnement permanent.	m³/h	-∞	+∞	0
$q_{nom\_fr}^{ds}$	Débit volumique nominal dans le réseau du groupe.	m³/h	-∞	+∞	-

3) Variables initialement internes

$q_{tot\_req}(h)$	Débit total requis par les réseaux de distributions du groupe.	m³/h
$q_{eff}(h)$	Débit volumique dans le réseau de distribution intergroupes au pas de temps h.	m³/h
q_{nom_fr}	Débit nominal du réseau intergroupes.	m³/h
q_{resid}	Débit résiduel du réseau intergroupes.	m³/h

Sorties

Nom	Description	Unité

Générateur électrique effet joule

$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	-
Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur au pas de temps h.	Wh	0	$+\infty$	-
T_{charge}	Taux de charge du générateur pour le poste considéré.	Réel	0	1	-
Q_{rest}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh	0	$+\infty$	-
$W_{aux,pro}$	Consommations d'auxiliaire au pas de temps h.	Wh	0	$+\infty$	0
Φ_{vc}	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises vers l'ambiance chauffée.	Wh	0	$+\infty$	-
$\square_{eff}$	Ratio d'efficacité du générateur (rendement)	Réel	0	10	1
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS à charge maximale au pas de temps h.	Réel	0	1	0

Système d'émissions de chaud

$Rat_{eff\_ch}^{em}$	Part de l'énergie fournie au groupe effective assurée par l'émetteur en chauffage.	Ent			
$Q_{sys\_ch}^{em}(h)$	Demande en énergie de chauffage transmise par l'émission em à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh			
$Q_{m\_recirc\_eff}^{em}(h)$	Débit massique de recirculation effectif sur la batterie froide de l'émetteur em .	kg/s			
$\omega_{sat}^{em}(h)$	Humidité spécifique à saturation pour la température de batterie θ_{batt} .	kg/kgas			
$\theta_{sd,fin}(h)$	Température vue par la sonde effective à la fin du pas de temps	°C			
$\theta_{i,fin}(h)$	Température de l'air à la fin du pas de temps	°C			
$\theta_{m,fin}(h)$	Température de masse à la fin du pas de temps	°C			
$\theta_{s,fin}(h)$	Température opérative du groupe à la fin du pas de temps	°C			
$\theta_{op,fin}(h)$	Température ressentie par l'occupant moyenne sur le pas de temps	°C			
$\theta_{sd,moy}(h)$	Température vue par la sonde effective moyenne sur le pas de temps	°C			
$\theta_{i,moy}(h)$	Température moyenne de l'air sur le pas de temps	°C			
$\theta_{m,moy}(h)$	Température de masse moyenne sur le pas de temps	°C			
$\theta_{s,moy}(h)$	Température opérative moyenne du groupe sur le pas de temps	°C			
$\theta_{op,moy}(h)$	Température ressentie par l'occupant moyenne sur le pas de temps	°C			
$\Phi_{crois\_ch}(h)$	Puissance de chauffage nécessaire issue du croisement.	W			
$id_{bch}(h)$	Indicateur de besoins de chaud non-nuls au pas de temps h.	Bool			

$Q_{sys\_ch}(h)$	Energie requise pour le chauffage totale du groupe.	Wh	
$W_{vent\_loc\_tot}(h)$	Consommation électrique totale des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe.	Wh	
$\Phi_{vent\_loc\_vc}(h)$	Energie consommée par les ventilateurs locaux de l'ensemble des émetteurs du groupe et transmise à l'ambiance sous forme de chaleur.	Wh	
Réseaux de distribution intergroupes de chaud			
θ_{max_ch}	Température maximale de la distribution intergroupes	°C	
$A_{dess\_ch}^{dp}$	Surface totale desservie en chaud par la distribution intergroupes.	m²	
$Rat_{surf\_dess\_ch}^{dp,gr}$	Ratio de la surface desservie dans le groupe gr sur la surface totale desservie par la distribution intergroupes, en chauffage	Réel	
$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h, à transmettre au générateur.	Ent.	
$\theta_{i,aval,eq}(h)$	Température d'air équivalente vu par la distribution intergroupes.	°C	
$Rat_{bes\_prim\_ch}^{dp,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe relié à un réseau intergroupes sur la somme de tous les besoins de chauffage du réseau intergroupes	Réel	
$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes thermiques du réseau.	Réel	
$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des puissances de circulateur issu de la fiche gestion et régulation, pour le réseau intergroupes.	Réel	
$\delta_{fonct}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau intergroupes : 0 : Le réseau intergroupes ne débite pas, 1 : Le réseau intergroupes débite.	Entier	
$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C	
$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C	
$Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)$	Energie de chauffage totale requise en entrée du réseau intergroupes.	Wh	
$Rat_{surf}^{dp,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par le réseau de distribution intergroupes	Réel	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
Réseaux de distribution intergroupe de chaud			
θ_{amb_ch}	Température d'ambiance intérieure conventionnelle pour le calcul des déperditions du réseau intergroupes lorsqu'il fonctionne en chauffage.	°C	20
Constantes physiques			
Ca	Chaleur massique de l'air sec.	J/kgK	1006

Tableau 259 : Nomenclature des différentes variables du modèle

8.33.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.33.4.1 Généralités

Pour toute la suite, z est un indice repérant toutes les zones et g est un indice repérant tous les groupes, au sens de Th-BCE, existant dans le bâtiment.

Le plan de la description mathématique du modèle est le suivant :

- Tout d'abord, la liste des différentes hypothèses du modèle au §8.33.4.2
- Ensuite, on définit les caractéristiques de l'émetteur qui sera lié au générateur modélisant le chauffage effet joule par défaut en §8.33.4.4,
- Ensuite, on définit les caractéristiques différentes distributions (intergroupe et groupe) qui seront liés au générateur modélisant le chauffage effet joule par défaut en §8.33.4.5,

Rappel : le dimensionnement en puissance de ce système de chauffage doit être saisi par l'utilisateur

8.33.4.2 Liste des hypothèses du modèle

Les hypothèses de la modélisation du système de chauffage par défaut sont les suivantes :

- On modélise ce système par un générateur effet joule classique dont la puissance est à saisir par l'utilisateur
- On modélise ensuite l'émetteur de chaud lié au générateur effet joule par défaut de la manière suivante :
 - On considère que le système d'émission est un système à air,
 - On considère que l'émetteur est un convecteur à soufflage d'air chaud
 - La variation spatiale est de classe C puisque l'émetteur est un convecteur
 - La variation spatiale dépend de la classe de l'émetteur et de la hauteur sous plafond du local. Ainsi, d'après la méthode Th-BCE, pour une variation spatiale de classe C, les valeurs possibles sont les suivantes :

$\delta\theta_{vs\_ch}^{em}$	Locaux de moins de 4 mètres sous plafond	Locaux de moins de 4 à 6 mètres sous plafond	Locaux de moins de 6 à 8 mètres sous plafond	Locaux de plus de 8 mètres sous plafond
Classe C	0.4	1.2	2.0	2.8

Tableau 260 : Extrait de la méthode Th-BCE sur les valeurs de variation spatiale en chauffage en fonction de la hauteur sous plafond du local pour une classe C

- L'échange radiatif Pemconv_ch est saisi par défaut et pris égal à 0.95 pour un système de soufflage d'air chaud,
- Les pertes d'énergie au dos de l'émetteur sont considérées comme nulles (c'est-à-dire que l'on considère que l'émetteur n'est pas intégré aux parois donnant sur l'extérieur ou un espace non-chauffé),
- La variation temporelle $\delta\theta_{vt\_ch}^{em}$ est saisie par défaut (en considérant que le couple régulateur/émetteur permet un arrêt total de l'émission) et prise égale à 1.8K,

- Le coefficient de pondération pour la température d'air noté $P_{sd\_ch}^{em}$ est saisi par défaut et pris égal à 0.5,
- Enfin, on modélise les différentes distributions liées à la génération de la manière suivante :
- On considère une distribution intergroupe purement fictive, c'est-à-dire définie par un réseau fictif sans pertes
 - On considère une distribution de groupe purement fictive, c'est-à-dire définie par un réseau fictif sans pertes

8.33.4.3 ***Ajout du chauffage effet joule par défaut***

C'est l'utilisateur qui doit ajouter au projet tous les composants liés au chauffage effet joule par défaut, de la génération à l'émetteur, et comme ils sont décrits ci-dessus.

La puissance du système effet joule par défaut doit être définie par l'utilisateur en fonction du projet.

8.33.4.4 ***Définition de la génération de l'effet joule par défaut***

8.33.4.4.1 Définition de l'assemblage de la génération

L'assemblage de la génération, en particulier celle d'un générateur effet joule, est organisée de la même manière qu'elle est décrite dans la fiche algorithme « S1_Syst_Assemblage de la génération » de la méthode Th-BCE.

8.33.4.4.2 Définition des calculs réalisés au niveau de la génération

Les calculs réalisés au niveau de la génération sont identiques à ceux qui sont décrits dans la fiche algorithme « C_GEN_Calculs génération » de la méthode Th-BCE.

8.33.4.4.3 Définition de la gestion/régulation de la génération

On appelle génération l'ensemble de générateurs fournissant conjointement de l'énergie pour un ou plusieurs usages.

Ce chapitre donne les caractéristiques de la génération à créer au niveau du projet.

La gestion/régulation de la génération réalise à chaque pas de temps la répartition de la demande en énergie sur les différents générateurs associés, dont le générateur de chauffage effet joule par défaut.

Dans notre cas, la demande en énergie provient uniquement de l'émetteur lié au système de chauffage effet joule par défaut.

Pour ce système de chauffage, le mode de régulation globale utilisé est identique à celui décrit dans la fiche algorithme « C_GEN_Gestion/régulation de la génération » de la méthode Th-BCE.

Voici ci-dessous la valeur prise par chaque paramètre lié à la gestion de régulation pour ce système de chauffage effet joule :

Paramètres	Valeurs
$id_{fonction}^{dp}$	1 : Chauffage
id_{type}^{dp}	0 : Réseau de distribution fictif
id_{type}^{gnr}	Générateur électrique effet joule
$id_{fluide-aval}^{gnr}$	2 : Air
id_{fougen}^{gnr}	1 : Chauffage
$id_{priorite\_ch}^{gnr}$	1
$P_{ngen\_ch}^{gnr}$ (kW)	Valeur définie par l'utilisateur
$id_{type\_priorite}$	1 : Sans priorité
$id_{raccord\_gnr}$	0 : Avec possibilité d'isolement
$id_{gestion\_ch}^{gen}$	2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution
id_{pos}^{gen} (-)	0 : Hors volume chauffé
Rat_{dim}^{gnr} (-)	1

Tableau 261 : Récapitulatif des valeurs prises par les paramètres de la gestion de la génération pour le système de chauffage effet joule par défaut

8.33.4.4.4 Définition du générateur du système effet joule par défaut

8.33.4.4.4.1 Paramétrage

Comme nous l'avons évoqué dans la liste des hypothèses ci-dessus, le chauffage par défaut est modélisé par un générateur électrique effet joule.

Le générateur à effet joule correspond au type 500.

Les valeurs de id_{fougen} autorisées pour un générateur à effet joule sont :

- 1 : Chauffage
- 3 : ECS

Dans notre cas, le générateur effet joule assure uniquement le chauffage.

Ainsi, voici ci-dessous un récapitulatif des valeurs prises pour l'ensemble de ces paramètres :

Générateur effet joule	Valeur du paramètre
Rdim (-)	1

Id_Fougen_Mod (-)	1 : Chauffage
Pngen (kW)	Valeur définie par l'utilisateur

Tableau 262 : Récapitulatif des valeurs prises pour les paramètres du générateur effet joule

8.33.4.4.4.2 Calcul en chauffage

8.33.4.4.4.2.1 Calcul de l'efficacité, des pertes et de la consommation d'auxiliaire

Les générateurs direct à effet joule sont conventionnellement modélisés par des générateurs parfaits, sans pertes ni consommations d'auxiliaires :

$$\eta_{gnr} = 1$$

$$W_{aux,pro} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1667)$$

$$\Phi_{threacact} = 0 \text{ (Wh)}$$

8.33.4.4.4.2.2 Puissance maximale disponible

La puissance nominale fournie par le générateur à effet joule est égale à sa puissance nominale. Elle ne dépend pas des conditions extérieures :

$$P_{max} = P_{ngen} \quad (1668)$$

8.33.4.4.4.2.3 Calcul de la consommation, des pertes vers l'ambiance et de l'énergie reportée

$$Q_{fou} = \min(Q_{req}; P_{max}) \quad (1669)$$

$$Q_{cons} = Q_{fou}$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{cons} \quad (1670)$$

$$t_{charge} = \frac{Q_{fou}}{P_{max}} \quad (1671)$$

$$\Phi_{vc} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1672)$$

8.33.4.4.4.3 Calcul en ECS

Le calcul en ECS n'est pas réalisé dans le cadre de la présente fiche, limitée aux générateurs pouvant être installés dans le cadre des travaux acquéreurs.

8.33.4.4.4.4 Matrice des consommations du générateur

La consommation en énergie finale du générateur est insérée dans la case correspondant à l'usage (chauffage) et au type d'énergie « 50 : électricité ».

En Wh	10:Gaz	20:Fioul	30:Charbon	40:Bois	50:Electricité	60:Réseau
1 : Chauffage	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			
2: Refroidiss.	$Q_{cef(2;10)}$	...				
3 : ECS	...					...

Tableau 263: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef}(\text{poste};\text{énergie})\}$

8.33.4.5 *Définition et ajout du réseau intergroupe de chaud*

Ce chapitre donne les caractéristiques du réseau intergroupe de chaud du système effet joule par défaut à créer au niveau du projet.

Celles-ci sont les suivantes :

Paramètres	Valeurs
Type_Prim (-)	0 : Réseau de distribution fictif sans pertes
Id_gen (-)	Id du générateur de chaud créé

Tableau 264 : Valeurs des paramètres liés au réseau intergroupe chaud

Les calculs réalisés au niveau du réseau intergroupe chaud sont identiques à ceux des fiches « C-Dist-Distribution intergroupes de chaud et de froid » et « C-DIST-Gestion/régulation des distributions intergroupes de chaud et de froid » de la méthode Th-BCE.

8.33.4.6 *Définition et ajout du système d'émission chaud*

Cette partie de la fiche permet la définition d'une **émission équivalente en chauffage, caractérisée par** :

- Ses propriétés physiques : variation spatiale, pertes au dos, température de fonctionnement, parts des phénomènes convectifs et radiatifs dans les échanges avec l'ambiance
- La part de la demande en énergie du groupe assurée par l'émission équivalente pour le chaud et pour le froid
- Son dispositif de régulation, lui-même défini par une variation temporelle et une mesure de température.
- Ses ventilateurs locaux, définis par une consommation électrique et une énergie transmise à l'ambiance sous forme de chaleur,

A partir de ces émissions équivalentes, on déterminera :

- Les besoins totaux du groupe en énergie,
- Les demandes en énergie de chacun des émetteurs présents dans le groupe,
- Les températures finales du groupe atteintes suite à la transmission de l'énergie au groupe via les émetteurs,

Les étapes de calcul sont les suivantes :

1. Dans un premier temps, on déterminera les propriétés de l'émetteur équivalents pour l'émission de chaud. On calculera également les consommations des ventilateurs locaux équivalentes pour l'ensemble du groupe,
2. Dans un deuxième temps, il faut déterminer si le système a besoin de chaud, de froid, ou pas de besoins. Pour cela, il faut calculer la température vue par le régulateur de l'émetteur effectif, et la comparer aux températures de consigne.
3. Ensuite, on calcule la relation entre puissance totale de l'émetteur équivalent et température moyenne vue par la sonde (droite du groupe).
4. On interpole à la température de consigne pour obtenir la puissance requise totale pour le

groupe.

5. On calcule la puissance requise par émetteur et toutes les températures obtenues à la fin du pas de temps en prenant en compte l'émission.

Les paramètres de description de l'émission sont les suivants :

Paramètres	Valeurs
Is_emetteur_chaud	1 : Oui
Is_emetteur_froid	0 : Non
Carac_Haut_Plafond	Utilisation du paramètre Carac_Haut_Plafond de l'émetteur chaud du groupe donc les possibilités sont : 0 : Local de moins de 4m sous plafond 1 : Local de 4 à 6m sous plafond 2 : Local de 6 à 8m sous plafond 3 : Local de plus de 8m sous plafond
Typologie_Emetteur_Chaut (-)	1 : Soufflage d'air chaud
Classe_Variation_Spatiale_Chaut (-)	1 : Classe C
$\delta\theta_{vs\_ch}^{em} (^{\circ}C)$	Plusieurs valeurs possibles selon la valeur du paramètre « Carac_Haut_Plafond » Si Carac_Haut_Plafond = 0 : $\delta\theta_{vs\_ch}^{em} = 0$ Si Carac_Haut_Plafond = 1 : $\delta\theta_{vs\_ch}^{em} = 0.6$ Si Carac_Haut_Plafond = 2 : $\delta\theta_{vs\_ch}^{em} = 1.7$ Si Carac_Haut_Plafond = 3 : $\delta\theta_{vs\_ch}^{em} = 2.8$
Couple_Regulateur_Emetteur (-)	0 : Couple régulateur/émetteur ne permettant pas un arrêt total de l'émission
Statut_Variation_Temporelle_Chaut (-)	0 : Valeur certifiée
$\delta\theta_{vt\_ch}^{em} (^{\circ}C)$	1.8 (valeur par défaut issue de la méthode Th-BCE)
detection_presence (-)	0 : Autres cas

Rat_s_ch (-)	1
Rat_t_ch (-)	1
Gest_vcv (-)	0 : Pas de ventilateurs

Tableau 265 : Valeurs des paramètres liés à l'émetteur de chaud

Les calculs réalisés (à l'aide de ces paramètres figés) au niveau de cet émetteur de chaud sont identiques à ceux décrits dans la fiche « C-Emi-Systèmes Emissions du groupe en chaud et en froid ».

8.33.4.7 ***Définition et ajout de la distribution de groupe chaud***

A l'issue de la création de l'émetteur chaud ci-dessus, une distribution de groupe chaud va être créée à partir de celui-ci.

Les caractéristiques de cette distribution de groupe chaud sont les suivantes :

Id_Dist_1 ^{er} (-)	Indice de la distribution intergroupe crée
Type_2 nd (-)	0 : Réseau de distribution fictif sans pertes

Tableau 266 : Valeurs des paramètres liés à la distribution de groupe chaud

Les calculs réalisés (à l'aide de ces paramètres figés) au niveau de cet émetteur de chaud sont identiques à ceux décrits dans les fiches « C-Dist-Distribution de chauffage et de refroidissement du groupe » et « C-DIST-Gestion/régulation des distributions de chauffage et de refroidissement du groupe ».

9. ECS

9.1 S1_BAT_production_instantanée_ECS_(dé)centralisé e

9.1.1 INTRODUCTION

Il existe plusieurs typologies de productions d'ECS : la production instantanée, la production (centralisée ou décentralisée) avec stockage(s), la production centralisée avec appoints décentralisés et enfin la production mixte (chauffage+ECS).

Ce chapitre décrit l'assemblage des composants constituant la chaîne de la production d'ECS, de l'émission à la génération dans le cas d'une production instantanée seule.

L'association de générateurs instantanés avec des générateurs avec stockage ou avec des générateurs mixtes (fourniture du chauffage et de l'ECS) au sein d'une même génération est possible. L'appel des différents générateurs est détaillé dans la fiche algorithme gestion-régulation de la génération mais ne fait pas l'objet de cet assemblage.

9.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 267 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées à l'assemblage de production instantanée d'ECS.

Entrées du système						
	Nom	Description	Unité			
Scénarios	$Usage_{zone}$	Type d'usage de la zone	-			
	$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclu dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier			
	I_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool			
	ah	Clé de répartition horaire	-			
	$\theta_i(h)$	Température moyenne de l'air intérieur dans le groupe au pas de temps h .	°C			
Clim	θ_{cw}	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C			
	$\theta_e(h)$	Température moyenne de l'air extérieur au pas de temps h . (+voir fiche(s) du (ou des) générateurs)	°C			
Paramètres intrinsèques du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Ma _x	Conv.
	(voir fiches de l'assemblage)					
Paramètres d'intégration du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Ma _x	Conv.
	Voir fiche C_EMI_Emission_ECS Voir fiche C_EIN_besoins_ECS Voir fiche C_DIS_Distribution_ECS_du_groupe Voir fiche C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe Voir fiche C_GEN_Gestion/régulation de la génération (+voir fiche(s) du (ou des) générateurs)					
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	$\Phi_{pertes\_vc\_2nd-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution d'ECS du groupe	Wh			
	$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh			
	$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, par groupe	Wh			
	$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh			

$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
$Rat_{besoins\_prim\_e}^{gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces\_prim\_e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess_e}	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe	m ²
$Q_{ecs\_req\_tot}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération.	Wh
$\{Q_{cef(po,en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
$Rat_{bes\_gen\_e}^{dp-e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins d'ECS de cette génération	-
$\Phi_{vc\_tot}(h)$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération.	Wh
$Rat_{surf\_gen}^{gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes. (+voir fiche(s) du (ou des) générateurs)	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
e	Indice propre à l'ECS (+voir fiches de l'assemblage)	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
(voir fiches de l'assemblage)			

Tableau 267 : Nomenclature du modèle

9.1.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION D'ECS INSTANTANEE, CENTRALISEE OU DECENTRALISEE

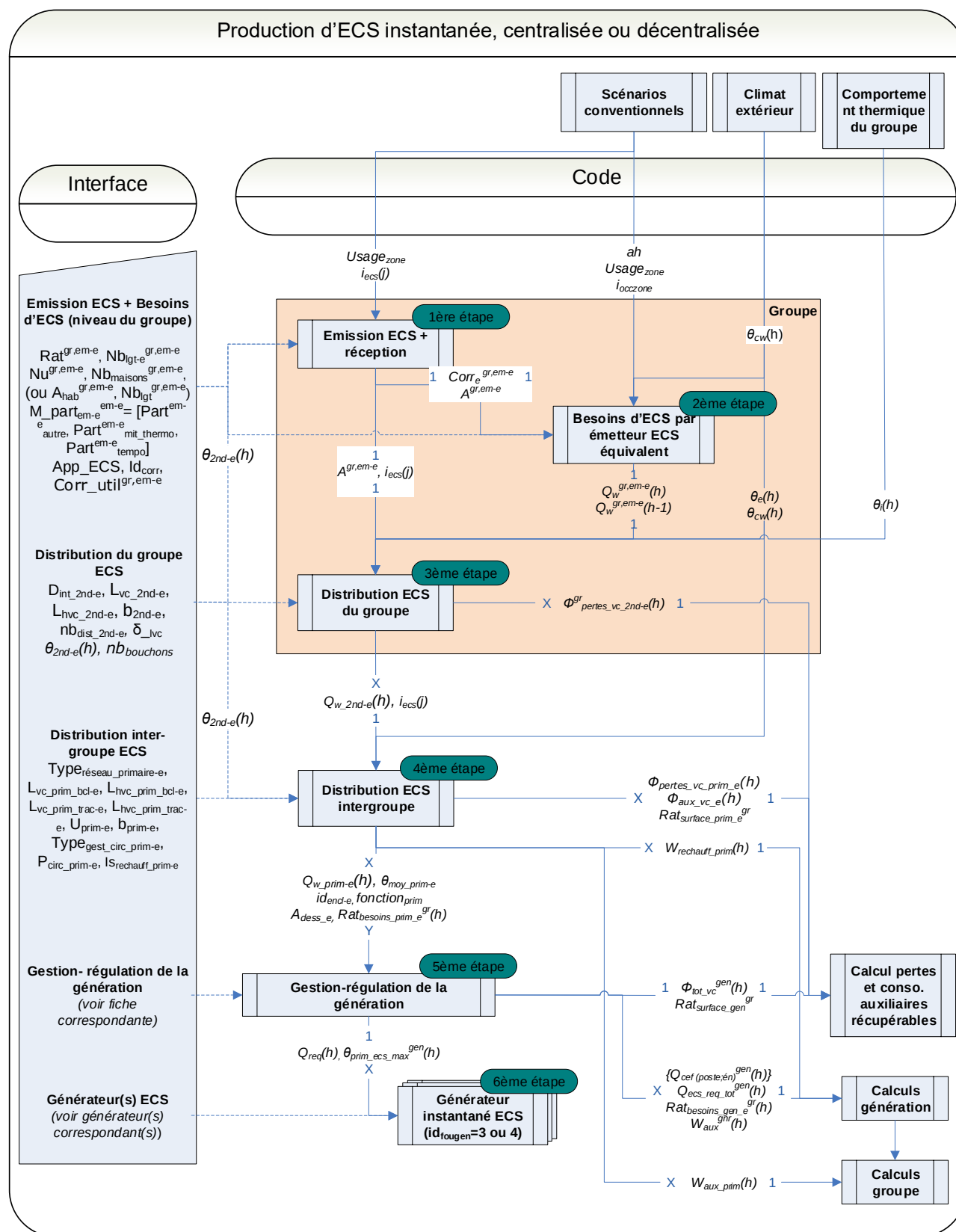


Figure 179 : Schéma d'assemblage de la production instantanée d'ECS

Note : en dehors des six fiches constituant l'assemblage (détaillées ci-dessous), les fiches algorithme « climat extérieur », « comportement thermique d'un groupe », « scénarios conventionnels » sont également représentées.

Les fiches « calculs pertes et consommations auxiliaires récupérables », « calculs génération » et « calculs groupe » sont communes à tous les assemblages de production (chauffage, refroidissement et/ou ECS). Elles interviennent en aval de l'assemblage.

Par ailleurs, le modèle de la production centralisée d'ECS instantanée ne diffère pas de celui de la production décentralisée. Ce qui différenciera ces deux types de production sera la présence ou non d'un réseau primaire « physique » (bouclé ou tracé).

9.1.3.1 *Description de l'assemblage*

Six fiches composent l'assemblage :

- Emission ECS équivalente;
- Besoins ECS ;
- Distribution d'ECS interne au groupe ;
- Distribution d'ECS intergroupe ;
- Gestion-régulation de la génération ;
- Générateurs. Ces générateurs sont décrits dans des fiches « composant » ou des fiches « assemblage ».

Note : le sens des calculs (des émetteurs au(x) générateur(s)) est inversé par rapport au sens d'écoulement de l'ECS.

1) Première étape : émission ECS équivalente

Une émission équivalente est un ensemble d'émetteurs ECS (ou points de puisage) relié à un seul et même type de générateur. On y décrit les émetteurs (robinets,...) mais aussi les « appareils sanitaires » d'ECS (douches, baignoires,...). A partir de ces données, un coefficient correctif est calculé. Ce dernier prend en compte les équipements qui consommeront moins d'ECS.

2) Deuxième étape : calcul des besoins d'ECS

Les besoins d'ECS sont calculés pour chaque émission ECS équivalente. Les paramètres d'intégration (surface desservie, nombre d'unités caractéristiques, etc.) permettent de calculer les besoins hebdomadaires d'ECS aux émetteurs. Une clé de répartition horaire, identique pour chaque émission ECS équivalente d'une même zone, permet ensuite de passer des besoins hebdomadaires aux besoins horaires.

3) Troisième étape : distribution interne au groupe

Le réseau de distribution interne au groupe relie les émetteurs d'ECS soit à une distribution d'ECS intergroupe, soit au(x) générateur(s). La température du réseau d'ECS interne au groupe est un paramètre intrinsèque. Les pertes thermiques sont calculées (à partir du volume d'eau contenu dans les tuyaux) ainsi que la demande d'énergie à fournir (égale au besoin d'ECS majoré des pertes de distribution).

4) Quatrième étape : distribution intergroupe

Le réseau de distribution intergroupe est physiquement en amont du réseau de distribution interne au groupe, il fournit l'eau chaude aux groupes. Quel que soit le type de réseau intergroupe, les informations dans le code transitent par ce composant. Il y a alors deux possibilités :

- si, dans la réalité, il n'y a pas de distribution ECS intergroupe (en production d'ECS individuelle par exemple), ce composant devient « transparent », les entrées et les sorties sont confondues.
- dans le cas contraire, la distribution intergroupe d'ECS est soit bouclée, soit tracée. Sont alors calculés : les pertes de distribution, la température moyenne dans la distribution, la consommation des auxiliaires qu'ils soient circulateurs ou traceurs et la demande d'énergie nécessaire à la distribution pour assurer la demande aux émetteurs ECS (égale aux besoins d'ECS majorés des pertes des distributions intra- et intergroupe).

5) Cinquième étape : la gestion-régulation de la génération

Ces algorithmes définissent les priorités entre tous les générateurs appartenant à la même génération. Les informations de besoins d'ECS à fournir au(x) réseau(x) intergroupe(s) transitent par ces algorithmes avant d'être envoyées au(x) générateur(s).

6) Sixième étape : le (ou les) générateur(s) instantanés

Chaque générateur instantané reçoit une énergie requise couplée à une température aval. En sortie, chaque générateur fournit une matrice des consommations horaires, c'est-à-dire la consommation en énergie finale du générateur par poste (ici que pour l'ECS) et par énergie.

La production d'ECS instantanée est assurée par tous les générateurs dont la variable Id_{fougen} est égale à 3 ou 4.

9.2 S3_BAT_production_stockage_ECS_(dé)centralisée

9.2.1 INTRODUCTION

Il existe plusieurs typologies de productions d'ECS : la production instantanée, la production (centralisée ou décentralisée) avec stockage(s), la production centralisée avec appoints décentralisés et enfin la production mixte (chauffage+ECS).

Cette fiche algorithme décrit l'assemblage des composants constituant la chaîne de production d'ECS, de l'émission à la génération dans le cas de la production (centralisée ou décentralisée) avec stockage(s).

L'association de générateurs avec stockage avec des générateurs instantanés ou avec des générateurs mixtes (fourniture du chauffage et de l'ECS) au sein d'une même génération est possible. L'appel des différents générateurs est détaillé dans la fiche algorithme gestion-régulation de la génération mais ne fait pas l'objet de cet assemblage.

9.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 268 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées à l'assemblage de production (centralisée ou décentralisée) avec stockage(s).

Entrées du système						
		Nom	Description	Unité		
Scénarios		$Usage_{zone}$	Type d'usage de la zone	-		
		$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclu dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier		
		l_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool		
		ah	Clé de répartition horaire	-		
Climat		$\theta_i(h)$	Température moyenne de l'air intérieur dans le groupe au pas de temps h.	°C		
		θ_{cw}	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C		
		$\theta_e(h)$	Température moyenne de l'air extérieur au pas de temps h. (+voir fiche(s) du (ou des) assemblage(s) générateurs)	°C		
Paramètres intrinsèques du système						
		Nom	Description	Unité	Min	Max Conv.
Paramètres d'intégration du système						
		Nom	Description	Unité	Min	Max Conv.
			Voir fiche C_EMI_Emission_ECS			
			Voir fiche C_EIN_besoins_ECS			
			Voir fiche C_DIS_Distribution_ECS_du_groupe			
			Voir fiche C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe			
			Voir fiche C_GEN_Gestion/régulation de la génération (+voir fiche(s) du (ou des) générateurs)			
Sorties						
		Nom	Description	Unité		
		$\Phi_{pertes\_vc\_2nd-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution interne au groupe d'ECS	Wh		
		$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh		
		$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, par groupe	Wh		
		$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh		

$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
$Rat_{besoins\_prim\_e}^{gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces\_prim\_e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess_e}	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe	m ²
$Q_{ecs\_req\_tot}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération.	Wh
$\{Q_{cef(po,en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
$Rat_{bes\_gen\_e}^{dp-e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins d'ECS de cette génération	-
$\Phi_{vc\_tot}(h)$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération.	Wh
$Rat_{surf\_gen}^{gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
<i>(+voir fiches de l'assemblage)</i>		

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
<i>(+voir fiches de l'assemblage)</i>			

Tableau 268 : Nomenclature du modèle

9.2.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION D'ECS CENTRALISEE OU DECENTRALISEE AVEC STOCKAGE(S)

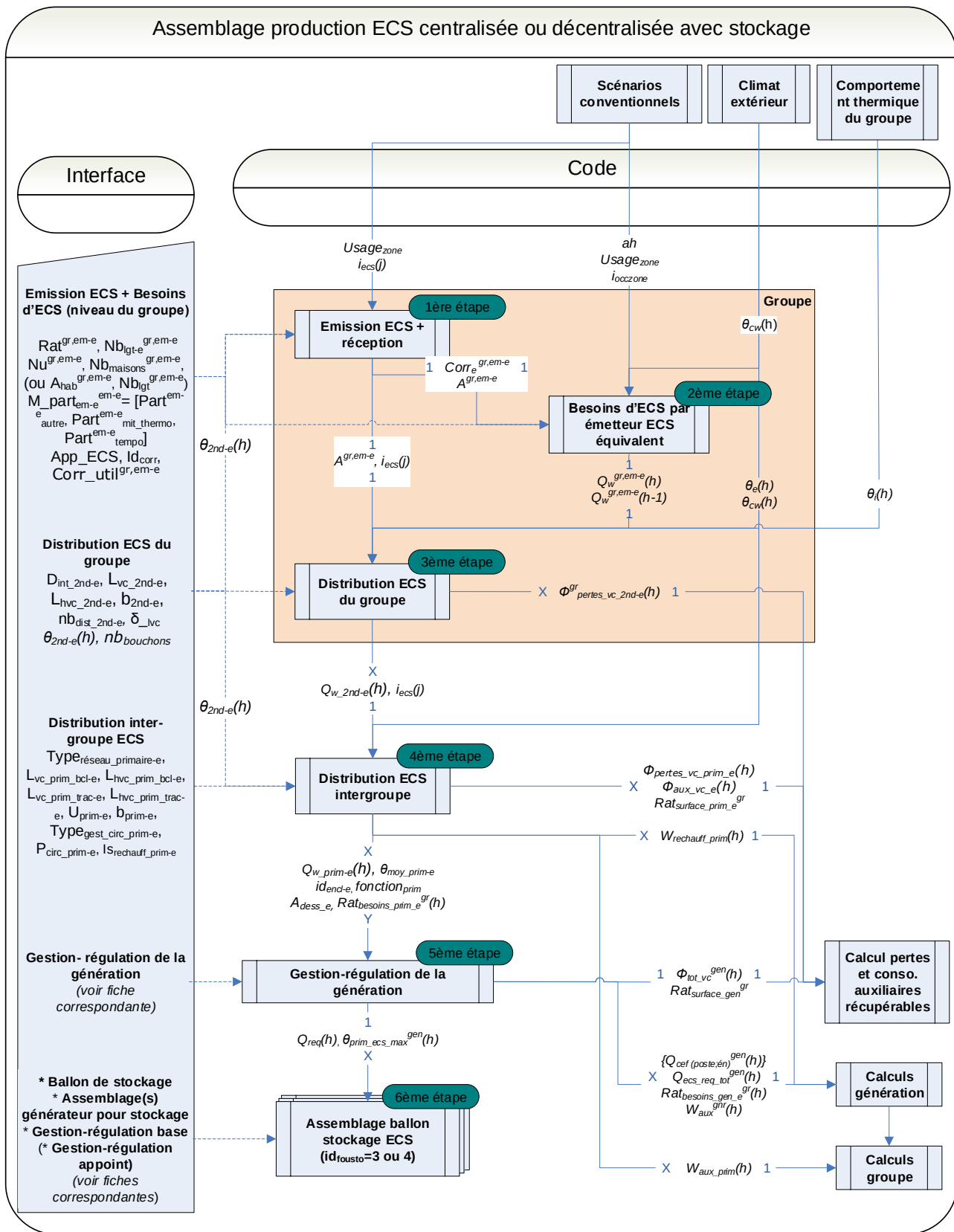


Figure 180 : Schéma d'assemblage de la production d'ECS avec stockage

Note : en dehors des six fiches constituant l'assemblage (détaillées ci-dessous), les fiches algorithme «climat extérieur», « comportement thermique d'un groupe », «scénarios conventionnels» sont également représentées.

Les fiches « calculs pertes et consommations auxiliaires récupérables », « calculs génération » et « calculs groupe » sont communes à tous les assemblages de production (chauffage, refroidissement et/ou ECS). Elles interviennent en aval de l'assemblage.

Par ailleurs, le modèle de la production centralisée d'ECS avec stockage ne diffère pas de celui de la production décentralisée. Ce qui différenciera ces deux types de production sera la présence ou non d'un réseau intergroupe « physique » (bouclé ou tracé).

9.2.3.1 *Description de l'assemblage*

Six fiches composent l'assemblage :

- Emission ECS équivalente;
- Besoins ECS ;
- Distribution d'ECS interne au groupe ;
- Distribution d'ECS intergroupe ;
- Gestion-régulation de la génération ;
- Générateur avec stockage, ces derniers, particuliers du fait de leur(s) stockage(s) sont décrits dans des fiches « assemblage ».

Note : le sens des calculs (des émetteurs au(x) générateur(s)) est inversé par rapport au sens d'écoulement de l'ECS.

1) Première étape : émission ECS équivalente

Une émission équivalente est un ensemble d'émetteurs ECS (ou points de puisage) relié à un seul et même type de générateur. On y décrit les émetteurs (robinets,...) mais aussi les « appareils sanitaires » d'ECS (douches, baignoires,...). A partir de ces données, un coefficient correctif est calculé. Ce dernier prend en compte les équipements qui consommeront moins d'ECS.

2) Deuxième étape : calcul des besoins d'ECS

Les besoins d'ECS sont calculés pour chaque émission ECS équivalente. Les paramètres d'intégration (surface desservie, nombre d'unités caractéristiques, etc.) permettent de calculer les besoins hebdomadaires d'ECS aux émetteurs. Une clé de répartition horaire, identique pour chaque émission ECS équivalente d'une même zone, permet ensuite de passer des besoins hebdomadaires aux besoins horaires.

3) Troisième étape : distribution interne au groupe

Le réseau de distribution interne au groupe relie les émetteurs d'ECS soit à une distribution d'ECS intergroupe, soit au(x) générateur(s). La température du réseau d'ECS interne au groupe est un paramètre intrinsèque. Les pertes thermiques sont calculées (à partir du volume d'eau contenu dans les tuyaux) ainsi que la demande d'énergie à fournir (égale au besoin d'ECS majoré des pertes de distribution).

4) Quatrième étape : distribution intergroupe

Le réseau de distribution intergroupe est physiquement en amont du réseau de distribution interne au groupe, il fournit l'eau chaude aux groupes. Quel que soit le type de réseau intergroupe, les informations dans le code transitent par ce composant. Il y a alors deux possibilités :

- si, dans la réalité, il n'y a pas de distribution ECS intergroupe (en production d'ECS individuelle par exemple), ce composant devient « transparent », les entrées et les sorties sont confondues.
- dans le cas contraire, la distribution intergroupe d'ECS est soit bouclée, soit tracée. Sont alors calculées : les pertes de distribution, la température moyenne dans la distribution, la consommation des auxiliaires qu'ils soient circulateurs ou traceurs et la demande d'énergie nécessaire à la distribution pour assurer la demande aux émetteurs ECS (égale aux besoins d'ECS majorés des pertes des distributions intra- et intergroupe).

5) Cinquième étape : la gestion-régulation de la génération

Ces algorithmes définissent les priorités entre tous les générateurs appartenant à la même génération. Les informations de besoins d'ECS à fournir au(x) réseau(x) intergroupe(s) transitent par ces algorithmes avant d'être envoyées au(x) générateur(s).

6) Sixième étape : le (ou les) assemblage(s) générateur(s) avec stockage

Un assemblage « générateurs avec stockage » est composé : d'un ballon de stockage au moins, d'une gestion-régulation du générateur de base (et d'appoint éventuellement), d'un (ou plusieurs) échangeur(s), d'un (ou plusieurs) générateurs (boucle solaire, générateur thermodynamique, chaudière, électrique, etc.).

Il est possible d'assembler ces composants élémentaires de manière différente afin de modéliser les systèmes de production d'ECS avec stockage. Ces assemblages font l'objet de la fiche algorithme S2_ GEN_ Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballon et d'un ou plusieurs générateurs.

9.3 S3_BAT_production_ECS_centralisée_appoints_décentralisés

9.3.1 INTRODUCTION

Il existe plusieurs typologies de productions d'ECS : la production instantanée, la production (centralisée ou décentralisée) avec stockage(s), la production centralisée avec appoints décentralisés et enfin la production mixte (chauffage+ECS).

Cette fiche algorithmique décrit l'assemblage des composants constituant la chaîne de production d'ECS, de l'émission à la génération dans le cas de la production centralisée avec appoints décentralisés.

9.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 269 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées à l'assemblage de production centralisée avec appoints décentralisés.

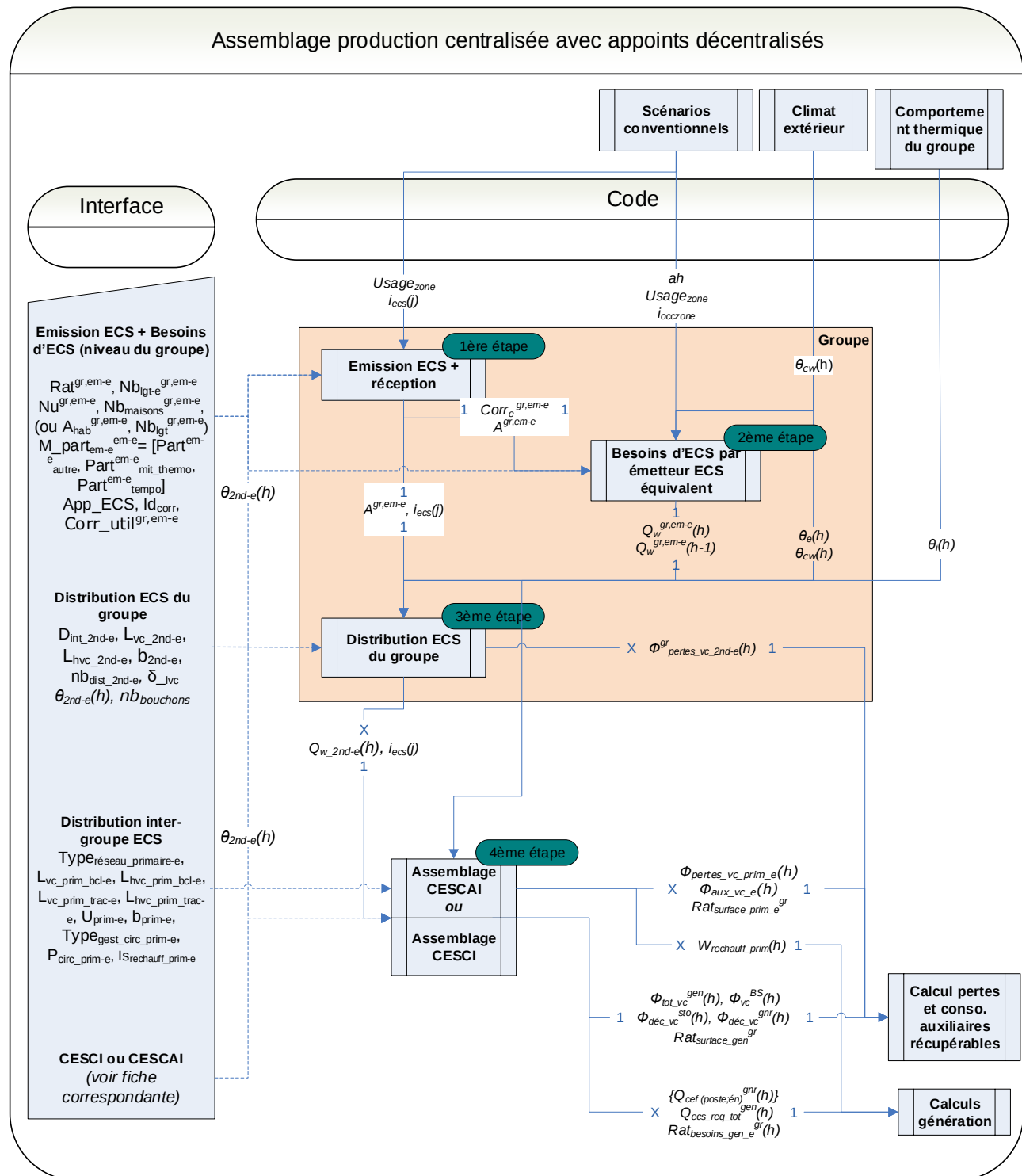
Entrées du système						
	Nom	Description	Unité			
Scénarios	$Usage_{zone}$	Type d'usage de la zone	-			
	$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclu dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier			
	l_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool			
	ah	Clé de répartition horaire	-			
Climat	$\theta_i(h)$	Température moyenne de l'air intérieur dans le groupe au pas de temps h .	°C			
	θ_{cw}	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C			
	$\theta_e(h)$	Température moyenne de l'air extérieur au pas de temps h .	°C			
	(voir fiche(s) d'assemblage génération)					
Paramètres intrinsèques du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres d'intégration du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
		Voir fiche C_EMI_Emission_ECS				
		Voir fiche C_EIN_besoins_ECS				
		Voir fiche				
		C_DIS_Distribution_ECS_du_groupe				
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	$\Phi_{pertes\_vc\_2nd-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution d'ECS du groupe	Wh			
	$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh			
	$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, par groupe	Wh			
	$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh			
	$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh			

$Rat_{besoins\_prim\_e}^{gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces\_prim\_e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess_e}	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe	m ²
$Q_{ecs\_req\_tot}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération.	Wh
$\{Q_{cef(po;en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
$Rat_{bes\_gen\_e}^{dp-e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins d'ECS de cette génération	-
$\Phi_{vc\_tot}(h)$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération.	Wh
$Rat_{surf\_gen}^{gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-
$E_{sol\_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise à l'échangeur.	Wh/an
$E_{ef\_aux\_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
$\{Q_{cef(poste;énergie)}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
$\{Q_{cef(poste;énergie)}^{gr}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
$C_{ef\_ecs\_m}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par assemblage	Wh
$C_{ep\_ecs\_m}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par assemblage	Wh
C_{ef_ecs}	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par assemblage	Wh
C_{ep_ecs}	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par assemblage	Wh
$C_{ef\_ecs\_m}^{gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par assemblage et par groupe	Wh
$C_{ep\_ecs\_m}^{gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par assemblage et par groupe	Wh
$C_{ef\_ecs}^{gr}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par assemblage et par groupe	Wh
$C_{ep\_ecs}^{gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par assemblage et par groupe	Wh
$\{C_{ef\_gaz}, C_{ef\_fod}, C_{ef\_cha}, C_{ef\_boi}, C_{ef\_ele}, C_{ef\_rdc}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par assemblage	Wh
$\{C_{ep\_gaz}, C_{ep\_fod}, C_{ep\_cha}, C_{ep\_boi}, C_{ep\_ele}, C_{ep\_rdc}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire (de chaud, de froid et d'ECS) par assemblage	Wh
$\{C_{ef\_gaz}^{gr}, C_{ef\_fod}^{gr}, C_{ef\_cha}^{gr}, C_{ef\_boi}^{gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par assemblage et par groupe	Wh

$C_{ef\_ele}^{gr},$ $C_{ef\_rdc}^{gr} \}$ $\{C_{ep\_gaz}^{gr},$ $C_{ep\_fod}^{gr},$ $C_{ep\_cha}^{gr},$ $C_{ep\_bo}^{gr},$ $C_{ep\_ele}^{gr},$ $C_{ep\_rdc}^{gr} \}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire (de chaud, de froid et d'ECS) par assemblage et par groupe	Wh	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
<i>(+voir fiches de l'assemblage)</i>			
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
<i>(+voir fiches de l'assemblage)</i>			

Tableau 269 : Nomenclature du modèle

9.3.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION D'ECS CENTRALISEE AVEC APPOINTS DECENTRALISES



Note : en dehors des quatre fiches constituant l'assemblage ECS (détaillées ci-dessous), les fiches algorithme « climat extérieur », « comportement thermique d'un groupe », « scénarios conventionnels » sont également représentées.

Les fiches « calculs pertes et consommations auxiliaires récupérables » et « calculs génération » sont communes à tous les assemblages de production (chauffage, refroidissement et/ou ECS). Elles interviennent en aval de l'assemblage.

9.3.3.1 *Description de l'assemblage*

Quatre fiches composent l'assemblage :

- Emission ECS équivalente;
- Besoins ECS ;
- Distribution interne au groupe ECS ;
- Assemblage « génération » : CESCO ou CESCAI

Note : le sens des calculs est inversé par rapport au sens de l'écoulement de l'ECS à savoir du générateur aux émetteurs ECS.

Les premières étapes décrivent la partie « décentralisée » de l'assemblage.

1) Première étape : émission ECS équivalente

Une émission équivalente est un ensemble d'émetteurs ECS (ou points de puisage) relié à un seul et même générateur. On y décrit les types d'émetteurs (robinets,...) mais aussi les types « d'appareils sanitaires » d'ECS (douches, baignoires,...). A partir de ces données, caractéristiques du bâtiment, un coefficient correctif est calculé. Ce dernier permet de prendre en compte les équipements qui consommeront moins d'ECS. Par ailleurs, la température de l'eau chaude est déterminée ici.

2) Deuxième étape : calcul des besoins d'ECS

Les besoins d'ECS sont calculés pour chaque émission ECS équivalente. Les paramètres d'intégration de cette dernière (surface desservie, nombre d'unités caractéristiques, etc.) sont réutilisés pour obtenir les besoins hebdomadaires d'ECS aux émetteurs. Une clé de répartition horaire, identique pour chaque émission ECS équivalente d'une même zone, permet ensuite de passer des besoins hebdomadaires aux besoins horaires. Ces besoins sont ensuite transmis à la fiche « distribution ECS du groupe ».

3) Troisième étape : réseau de distribution interne au groupe

Le réseau de distribution du groupe relie, dans le cas de la production centralisée, les émetteurs d'ECS à la distribution intergroupe d'ECS. La température du réseau d'ECS du groupe est une sortie de l'émission ECS équivalente. Les algorithmes calculent les pertes de distribution, à partir du volume contenu dans les tuyaux, ainsi que l'énergie nécessaire en sortie de générateur (égale aux besoins d'ECS majorés des pertes de distribution interne au groupe).

4) Quatrième étape : CESCO ou CESCAI

Voir les fiches d'assemblage CESCO ou CESCAI (dont les fiches algorithmes sont respectivement notées S2_GEN_CESCO et S2_GEN_CESCAI).

9.4 S3_BAT_production_mixte

9.4.1 INTRODUCTION

Il existe plusieurs typologies de productions d'ECS : la production instantanée, la production (centralisée ou décentralisée) avec stockage(s), la production centralisée avec appoints décentralisés et enfin la production mixte (chauffage+ECS).

Cette fiche algorithmique décrit l'assemblage des composants constituant la chaîne de production mixte (ECS+chauffage), des émissions à la génération.

Cette fiche de présentation ne se substitue pas aux algorithmes de la gestion-régulation de la génération.

9.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 270 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées à l'assemblage de production mixte.

Entrées du système						
	Nom	Description	Unité			
Scénarios	$Usage_{zone}$	Type d'usage de la zone	-			
	$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclu dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier			
	I_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool			
	ah	Clé de répartition horaire	-			
Climat	$\theta_i(h)$	Température moyenne de l'air intérieur dans le groupe au pas de temps h .	°C			
	θ_{cw}	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C			
	$\theta_e(h)$	Température moyenne de l'air extérieur au pas de temps h . (+voir fiche(s) d'assemblage du (ou des) générateurs)	°C			
Paramètres intrinsèques du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	(voir fiches de l'assemblage)					
Paramètres d'intégration du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	(voir fiches de l'assemblage)					
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	$\Phi_{pertes\_vc\_2nd-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution d'ECS interne au groupe	Wh			
	$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh			
	$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, par groupe	Wh			
	$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh			
	$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh			
	$Rat_{besoins\_prim-e}^{gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-			

$Rat_{besoins\_prim\_ch}^{gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins de chauffage de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces\_prim\_e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
$Rat_{surfaces\_prim\_ch}$	Ratio de la surface des émetteurs de chauffage équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe de chauffage sur la somme des surfaces de tous les émetteurs de chauffage s reliés à ce réseau intergroupe	-
A_{dess_e}	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe d'ECS	m ²
A_{dess_ch}	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe de chauffage	m ²
$Q_{ecs\_req\_tot}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération.	Wh
$Q_{ch\_req\_tot}(h)$	Demande totale en chauffage au niveau de la génération.	Wh
$\{Q_{cef(po;en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
$Rat_{bes\_gen\_e}^{dp-e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins d'ECS de cette génération	-
$Rat_{bes\_gen\_ch}^{dp}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un réseau intergroupe relié à la génération sur la somme de tous les besoins d'ECS de cette génération	-
$\Phi_{vc\_tot}(h)$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération.	Wh
$Rat_{surf\_gen}^{gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-

Variables internes			
Nom	Description	Unité	
(voir fiches de l'assemblage)			
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
(voir fiches de l'assemblage)			

Tableau 270 : Nomenclature du modèle

9.4.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION MIXTE

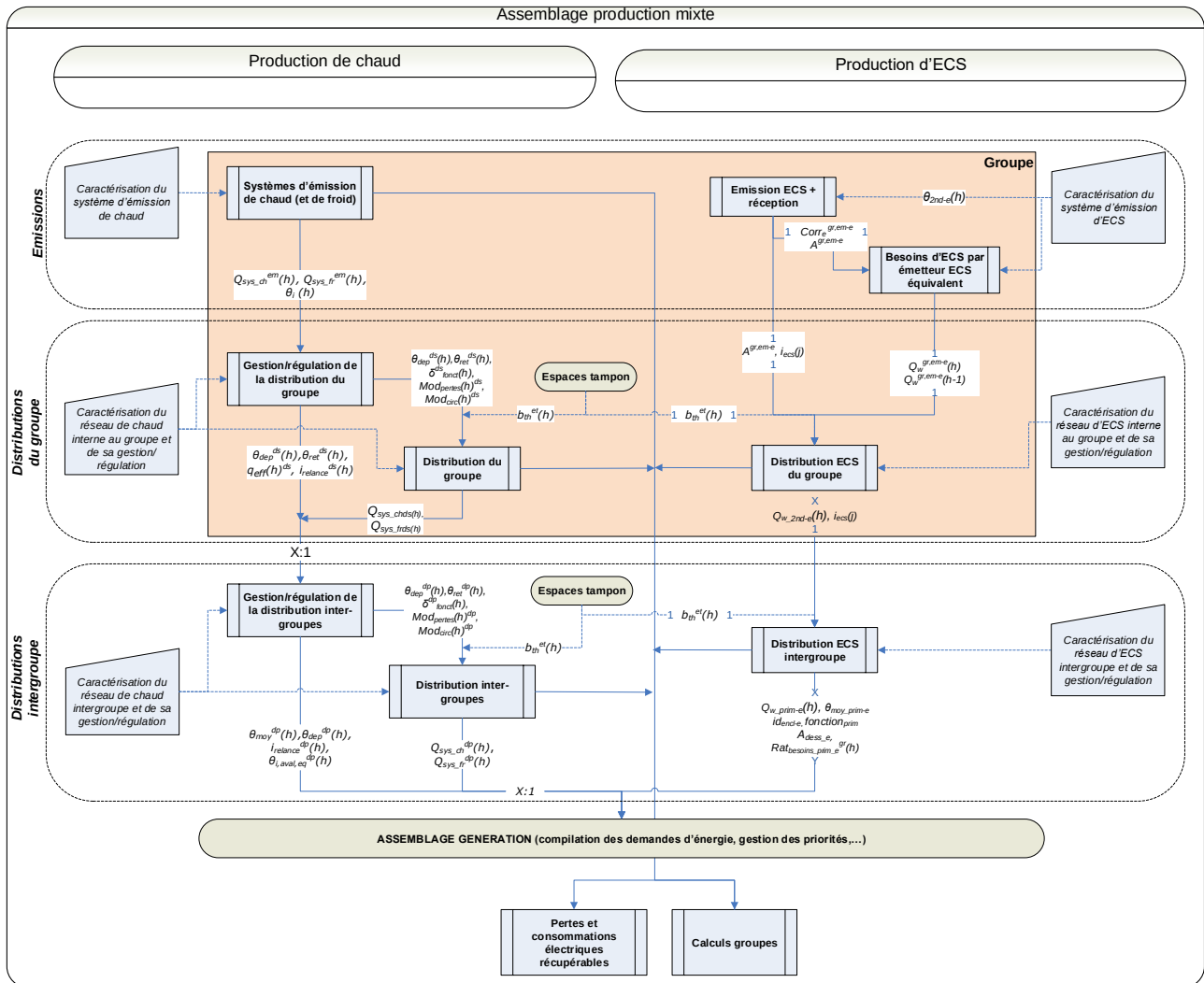


Figure 181 : Schéma d'assemblage de la production mixte ECS/chauffage

9.4.3.1 *Description de l'assemblage*

Plusieurs types de réseaux intergroupe (de chaud, de froid ou d'ECS) peuvent être connectés à une même génération.

Même détaillée dans la gestion-régulation de la génération, nous présentons ici la structure globale des calculs d'une production mixte chauffage et ECS.

1) Première étape : la chaîne de production de l'ECS

Les calculs de la chaîne de production de l'ECS, des émetteurs à la (aux) distribution(s) intergroupe, permettent d'évaluer la demande d'énergie à fournir par la génération.

2) Deuxième étape : la chaîne de production de chauffage

Les calculs de la chaîne de production de chauffage, des émetteurs à la (aux) distribution(s) intergroupe, permettent d'évaluer la demande d'énergie à fournir par la génération.

3) Troisième étape : la gestion-régulation de la génération

Les algorithmes de la gestion-régulation de la génération définissent les priorités entre tous les générateurs. En premier lieu, la demande d'énergie totale en l'ECS est assurée par les générateurs reconnus comme pouvant fournir de l'ECS. L'éventuelle énergie disponible restante pourra alors être fournie pour le chauffage.

Liste des assemblages générateurs concernés

Les générateurs instantanés peuvent être mixtes. Dans ce cas, leurs identifiants id_{fougen} est égal à 4.

Les assemblages générateurs avec stockage peuvent également être mixtes. Deux configurations sont possibles :

- soit l'élément de stockage assure la demande d'énergie en chaud et en froid ($id_{fousto}=4$)
- soit l'élément de stockage est monoservice mais le générateur de base ou le générateur d'appoint est mixte ($id_{fousto}=3$ et $id_{fougen}=4$)

Enfin, d'autres assemblages générateur entrent dans la catégorie des productions uniquement mixtes ($id_{fousto}=4$ et $id_{fougen}=4$). Il s'agit notamment des Systèmes Solaires Combinés (SSC).

9.5 C_EMI_Emission_ECS

9.5.1 INTRODUCTION

La production de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) se décompose en quatre étapes : (i) la génération, (ii) le stockage (éventuel), (iii) la distribution et (iv) l'émission.

Cette fiche décrit les algorithmes associés à l'émission d'ECS. L'émission d'ECS est le dernier élément de la chaîne de production avant utilisation de l'ECS par l'occupant – d'où la présence de certaines conventions.

Les algorithmes aboutissent au calcul d'un coefficient correctif global tenant compte du type d'émetteurs (mélangeurs, mitigeurs, etc.) et d'appareils (douches, baignoires, etc.) d'ECS du groupe. Ce coefficient est appliqué aux besoins d'ECS conventionnels.

L'objectif est de prendre en compte les émetteurs et appareils d'ECS économes.

9.5.2 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul d'émission d'ECS.

Entrées du composant						
Nom		Description	Unité			
Type_usage ^z		Type d'usage de la zone z	-			
Zone	I _{ecs} (j)	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération d'ECS :	-			
		- 1, si inclus ; - 0, autrement.				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv.
gain ^{gr,em-e} _{em}		Gain sur les besoins d'ECS dû aux émetteurs d'ECS	-	0	0,07	
gain ^{gr,em-e} _{app}		Gain sur les besoins d'ECS dû aux appareils sanitaires d'ECS	-	- 0,02 5	0,05	
Rat _{douches-bains}		Pourcentage conventionnel des besoins d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains	-	0	0,9	
Paramètres d'intégration du composant						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv.
Rat ^{gr,em-e} _{em}		Ratio de surface utile du groupe desservie par un émetteur d'ECS équivalent	-	0	1	
A ^{gr}		Surface totale du groupe	m ²	0	+∞	
Nb ^{gr,em-e} _{maison}		Nombre de maisons desservies par un émetteur d'ECS équivalent (supérieur à 1 pour les maisons accolées)	-	0	+∞	
Nb ^{gr,em-e} _{logement}		Nombre de logements desservis par un émetteur d'ECS équivalent (pour un logement collectif)	-	0	+∞	
Nu ^{gr,em-e}		Nombre d'unités desservies par un émetteur d'ECS équivalent (pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logements collectifs)	-	0	+∞	
part ^{gr,em-e} _{mélangeur}		Part des besoins d'ECS passant par des mélangeurs pour un émetteur d'ECS équivalent	-	0	1	
part ^{gr,em-e} _{mitigeur}		Part des besoins d'ECS passant par des mitigeurs thermostatiques et/ou les mitigeurs mécaniques économes, pour un émetteur d'ECS équivalent	-	0	1	

$part_{temporisateur}^{gr,em-e}$	Part des besoins d'ECS passant par des robinets électroniques et/ou des temporisateurs (électroniques ou mécaniques) pour un émetteur d'ECS équivalent	-	0	1
App_{ecs}	Type d'appareils d'ECS lié à l'émetteur d'ECS équivalent (=1 si douche(s) seule(s) / =2 si baignoire standard / =3 si grande baignoire)	-	1	3
Sorties				
Nom	Description	Unité		
$corr_{em}^{gr,em-e}$	Coefficient correctif dû aux émetteurs et appareils d'ECS, à appliquer aux besoins d'ECS de l'émetteur d'ECS équivalent : - Gains si $corr_{em}^{gr,em-e} < 1$; - Pertes si $corr_{em}^{gr,em-e} > 1$; - Ni gains ni pertes, autrement.	-		
$A^{gr,em-e}$	Surface du groupe desservie par un émetteur d'ECS équivalent	m ²		
Variables internes				
Nom	Description	Unité		
$corr_{em}^{gr,em-e}$	Coefficient correctif sur les besoins d'ECS du groupe dû aux émetteurs d'ECS	-		
$corr_{app}^{gr,em-e}$	Coefficient correctif sur les besoins d'ECS du groupe par générateur dû aux appareils d'ECS	-		
$\theta_{ec}^{gr,em-e}$	Température de l'eau chaude au niveau des émetteurs ECS	°C		
Constantes				
Nom	Description	Unité	Conv.	
θ_{2nd-e}^{gr}	Température de la distribution d'ECS du groupe	°C	48	
θ_{uw}	Température de l'eau mitigée utilisée au puisage	°C	40	

Tableau 271 : Nomenclature du modèle

9.5.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

9.5.3.1 Principe de calcul

L'émission d'ECS équivalente est créée dans un groupe. Elle regroupe un ensemble d'émetteurs et d'appareils d'ECS qui respectent les deux critères suivants : (i) ils appartiennent tous à un groupe et (ii) ils sont tous reliés à une même génération.

Chaque émission d'ECS équivalente est ensuite obligatoirement associée à un et un seul réseau de distribution interne au groupe d'ECS.

Exemple no. 1 :

Dans une production individuelle en logement collectif, au sein d'un groupe, il y aura autant d'émetteurs d'ECS que de générations d'ECS différentes.

Exemple no. 2 :

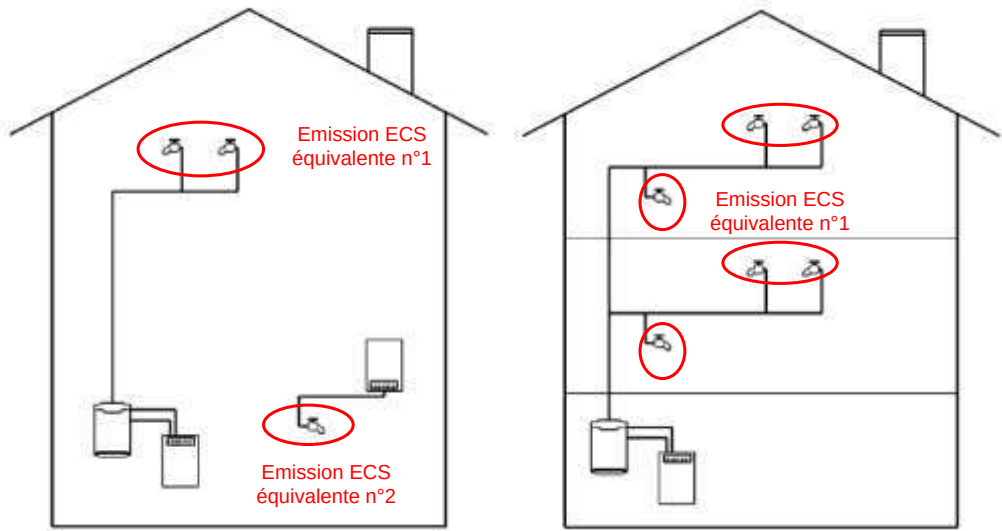


Figure 182 : Exemples de découpage en émetteurs d'ECS avec respectivement une ou deux générations (schémas issus de la NF EN 15316-3-2)

Les calculs des besoins d'ECS s'effectueront par émission d'ECS équivalente, avec les paramètres d'intégration suivants :

Type d'usage de la zone à laquelle appartient le groupe (<i>Type_usage^z</i>)	Paramètres d'intégration de l'émetteur d'ECS équivalent
Maisons individuelles ou accolées	$Rat_{em}^{gr,em-e}$, le ratio de surface utile du groupe desservie $Nb_{maison}^{gr,em-e}$, le nombre de maisons accolées concernées
Logements collectifs	$Rat_{em}^{gr,em-e}$, le ratio de surface utile du groupe desservie $Nb_{logement}^{gr,em-e}$, le nombre de logements concernés
Autres usages	$Rat_{em}^{gr,em-e}$, le ratio de surface utile du groupe desservie $Nu^{gr,em-e}$, le nombre d'unités concernées

Tableau 272 : Paramètres d'intégration au niveau des émetteurs d'ECS équivalents

Il est indispensable, pour que les besoins d'ECS calculés soient exacts, que la somme des surfaces utiles desservies dans un groupe soit égale à la surface utile du groupe – autrement un message d'erreur est affiché.

$$\sum_{em-e \in gr} Rat_{em}^{gr,em-e} = 1 \quad (1673)$$

La surface du groupe desservie par un émetteur d'ECS équivalent s'exprime de la façon suivante :

$$A^{gr,em-e} = Rat_{em}^{gr,em-e} \times A^{gr} \quad (1674)$$

9.5.3.2 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul de l'émission d'ECS sont les suivantes :

- Chaque émission d'ECS équivalente fonctionne indépendamment des autres ;
- Il n'y a pas de liens entre les appareils sanitaires et les émetteurs d'ECS ;
- Il n'y a pas de pertes thermiques au niveau des émetteurs d'ECS ;
- Les besoins d'ECS ne dépendent pas du nombre de points de puisage.

9.5.3.3 Impact du type d'émetteur d'ECS

Selon leur fonction principale, les émetteurs d'ECS peuvent être classés en trois catégories :

1. Les mélangeurs et autres ;
2. Les mitigeurs thermostatiques et les mitigeurs mécaniques économes (ceux dont la position médiane correspond à de l'eau froide, c'est-à-dire de type C3 ou CH3 selon le classement ECAU ou EChAU) ;
3. Les robinets électroniques et les temporisateurs (électroniques ou mécaniques).

À une émission d'ECS équivalente, l'utilisateur attribue le pourcentage des besoins d'ECS qui passe par les trois catégories d'émetteurs d'ECS. Ces pourcentages peuvent être représentés sous la forme suivante :

$$M\_part_{em}^{gr,em-e} = [part_{mélangeur}^{gr,em-e}; part_{mitigeur}^{gr,em-e}; part_{temporisateur}^{gr,em-e}] \quad (1675)$$

La somme des trois pourcentages de $M\_part_{em}^{gr,em-e}$ doit être égale à 1.

À chacune des catégories d'émetteurs d'ECS citées ci-dessus, un gain potentiel sur les besoins d'ECS est associé. Les mélangeurs et les mitigeurs mécaniques servent de référence, à savoir qu'ils n'engendrent pas de gain sur les besoins d'ECS.

	Exemples de types d'émetteurs d'ECS	Gain sur les besoins d'ECS $gain_{em}^{gr,em-e}$
Mélangeurs, mitigeurs mécaniques et autres	Mélangeur, mitigeur mécanique, autre émetteur d'ECS, etc.	0%
Mitigeurs thermostatiques et mitigeurs mécaniques économes	Mitigeur thermostatique, mitigeur mécanique économe (dont la position médiane correspond à l'eau froide, c'est-à-dire de type C3 ou CH3 selon le classement ECAU ou EChAU), etc.	5%
Temporisateurs et robinets électroniques	Bouton poussoir, détecteur de présence, poussoir mitigeur, robinets à détecteur infrarouge, robinets électroniques, etc.	7%

Tableau 273 : Gains sur les besoins d'ECS selon le type d'émetteur d'ECS

Les besoins d'ECS calculés par émetteur d'ECS équivalent sont corrigés d'un coefficient

$$corr_{em}^{gr,em-e}.$$

$$corr_{em}^{gr,em-e} = 1 - \sum_i M_{part}^{gr,em-e}(i) \times gain_{em}^{gr,em-e} \quad (1676)$$

9.5.3.4 Impact du type d'appareils sanitaires

Les besoins d'ECS dépendent également du type d'appareils d'ECS. L'introduction d'un coefficient correcteur, noté $corr_{app}^{gr,em-e}$, lequel est aussi appliqué aux besoins d'ECS, répond à ce constat.

9.5.3.4.1 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul des appareils d'ECS sont les suivantes :

- Seuls les appareils d'ECS de type douches ou baignoires sont concernés par le coefficient correcteur ;
- Les appareils d'ECS sont de type douches seules s'il n'y a pas de baignoires ;
- Les gains sur les besoins d'ECS seront appliqués de la même manière à tous les pas de temps h .

9.5.3.4.2 Pourcentage de besoins dédiés aux douches et/ou aux bains

$Rat_{douches-bains}$ est le pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains – lequel est exprimé par une valeur entre 0 et 1.

Type d'usage (<i>Type_usage</i> ²)	<i>Rat</i> _{douches-bains}
Maison individuelle et accolée, logement collectif	80%
Bureaux	50%
Autres usages	0%

Tableau 274 : Valeurs conventionnelles de ratio de besoins dédiés aux douches et/ou aux bains

9.5.3.4.3 Gains sur les besoins d'ECS dus aux appareils sanitaires

Dans le pourcentage de besoins d'ECS dédié aux douches et/ou aux bains, nous supposons que le type d'appareils d'ECS aura une influence (positive ou négative) sur les besoins d'ECS.

Appareils d'ECS (<i>App_ecs</i>)	<i>gain</i> _{app} ^{gr,em-e}
Douche(s) seule(s)	5,0%
Baignoire sabot ($V \leq 125L$)	2,5%
Baignoire standard ($125 < V \leq 175 L$) et autre	0%
Grande baignoire ($V > 175 L$)	-2,5%

Tableau 275 : Gains sur les besoins d'eau chaude selon le type d'appareil sanitaire

Note : s'il y a plusieurs appareils d'ECS de nature différente, l'appareil le plus défavorable sera retenu.

Le coefficient correctif dû aux appareils sanitaires s'exprime de la manière suivante :

$$corr_{app}^{gr,em-e} = 1 - Rat_{douches-bains} \times gain_{app}^{gr,em-e} \quad (1677)$$

9.5.3.5 Calcul du coefficient correctif global

Les besoins d'ECS d'une émission d'ECS équivalente sont finalement multipliés par le coefficient correcteur (tenant compte des émetteurs et des appareils d'ECS) suivant :

$$corr^{gr,em-e} = corr_{app}^{gr,em-e} \times corr_{em}^{gr,em-e} \quad (1678)$$

9.5.3.6 Température au niveau des émetteurs d'ECS

La température aux émetteurs d'ECS est égale à celle définie au niveau de la distribution du groupe. Cette température doit être supérieure à celle de l'eau mitigée θ_{uw} .

$$\theta_{ec}^{gr,em-e} = \theta_{2nd-e}^{gr} \quad (1679)$$

Si $\theta_{ec}^{gr,em-e} < \theta_{uw}$, un message d'erreur s'affiche.

9.6 C_EIN_besoins_ECS

9.6.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme a pour objet le calcul des besoins d'Eau Chaude Sanitaire, au niveau d'un émetteur ECS équivalent, pouvant inclure des récupérateurs de chaleur sur les grises.

Ces calculs se décomposent en trois étapes :

- le calcul du nombre de litres à 40°C hebdomadaires nécessaires par émetteur ECS équivalent ;
- la clé de répartition horaire, permettant de passer du nombre de litres hebdomadaires à un nombre de litres horaire. Cette clé de répartition est propre à chaque usage. Elle est donc définie au niveau de la zone, et est commune à tous les émetteurs ECS équivalents situés dans la zone ;
- enfin, le calcul des besoins horaires d'ECS (en Wh). Les besoins horaires d'ECS expriment, pour un émetteur ECS équivalent, la quantité d'énergie nécessaire à l'élévation en température de l'eau froide. La présence de récupérateurs de chaleur sur les grises peut venir modifier les besoins horaires d'ECS. Dans les règles Th-BCE, la masse volumique et la capacité calorifique sont constantes. La température d'eau froide est une donnée des fichiers météorologiques.

9.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 276 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de détermination des besoins d'Eau Chaude Sanitaire.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Scénario	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-			
	I_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool			
	ah	Clé de répartition horaire	-			
Em-e	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS (dépend de la zone climatique)	°C			
	$Corr_{-e,gr,em-e}$	Coefficient correctif dû aux appareils sanitaires et aux émetteurs d'ECS, à appliquer aux besoins d'ECS de l'émetteur ECS (<1 gains / =1 pas de gains / >1 pertes)	-			
	$Rat_{douches-}$	Pourcentage conventionnel des besoins d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains	-			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	A^{gr}	Surface utile du groupe	m ²	0	+∞	-
	$Rat_{eme^{gr,e},m-e}$	Ratio de surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	-	0	1	-
	$Nu_{gr,em-e}$	Nombre d'unités caractéristiques desservies par un émetteur ECS équivalent (pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logements collectifs)	-	0	+∞	-
	$Nb_{igt_{gr,em-e}}$	Nombre de logements desservi par un émetteur ECS équivalent (pour l'usage logements collectifs)	-	1	+∞	-
	$Nb_{maison^{gr},em-e}$	Nombre de maisons desservies par un émetteur ECS équivalent (pour des maisons individuelles, >1 pour les maisons accolées)	-	1	+∞	-
	$I_{recup}^{gr,em-e}$	Présence ou absence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent : 0. Pas de récupérateur de chaleur 1. Présence d'un récupérateur de chaleur	-	0	1	
	$Nb_{gr,em-e,1}^{gr,em-e,1}$	Nombre d'échangeurs de chaleur auxquels sont reliés les appareils sanitaires de l'émetteur équivalent (nombre de configurations unitaires identiques au sein du même émetteur).	-	0	+∞	
	$Nb_{relies,dou}^{gr,em-e,1}$	Nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires uniquement) reliés à un récupérateur de chaleur commun (configuration unitaire).	-	0	+∞	
	$Nb_{non-rei\ douches-}^{gr,em-e,1}$	Nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires uniquement) non reliés à un récupérateur de chaleur commun (configuration unitaire).	-	0	+∞	

Sorties

Nom	Description	Unité
$V_{uw\_hebd_{corr}^{gr,em-e}}$	Volume hebdomadaire d'eau puisée à la température θ_{uw} , par émetteur ECS équivalent, corrigé	L
$Q_w^{gr,em-e}$	Besoins horaires d'ECS par émetteur ECS équivalent	Wh
Q_w^{gr}	Besoins horaires d'ECS de tous les émetteurs ECS équivalents du groupe	Wh
$Q_{w\_bruts}^{gr}$	Besoins horaires d'ECS du groupe, non corrigés par les émetteurs d'ECS	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
Q_w	Besoins d'ECS total horaire	Wh
V_{uw}	Volume d'eau puisé à la température θ_{uw}	L
N_{adeq-e}	Nombre d'adultes équivalent pour le calcul des besoins d'ECS	-
$N_{adeq-e}^{gr,em-e}$	Nombre d'adultes équivalents correspondant à la partie du groupe desservie par un même émetteur ECS équivalent (en usage maison individuelle ou accolée et logements collectifs)	-
$N_{max}^{gr,em-e}$	Nombre d'occupants maximal correspondant à la partie du groupe desservie par un même émetteur ECS équivalent (en usage maison individuelle ou accolée et logements collectifs)	-
$a^{gr,em-e}$	Nombre de litres d'eau à θ_{uw} unitaires hebdomadaires, pour un émetteur ECS équivalent	L à θ_{uw}
$A^{gr,em-e}$	Surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	m ²
$A_{igt}^{gr,em-e}$	Surface utile d'un logement moyen (dans le cas d'un LC) desservie par un même émetteur ECS équivalent	m ²
N_{adeq}^z	Nombre d'adultes équivalents de la zone (voir fiche scénarios conventionnels)	-
$V_{uw\_hebd_{r,em-e}}^g$	Volume hebdomadaire d'eau, puisé à la température θ_{uw} , par émetteur ECS équivalent	L
a	Nombre de litres d'eau à θ_{uw} unitaires hebdomadaires (conventionnel dans TH-BCE)	L à θ_{uw}
N_u	Nombre d'unités caractéristiques à considérer	-
$V_{uw,rat-reli}^{gr,em-e,u}$	Volume d'eau mitigée puisée par les douches et/ou baignoires reliées à l'échangeur de chaleur de la configuration unitaire	L
$V_{uw,rat-non}^{gr,em-e,u}$	Volume d'eau mitigée puisée par les douches et/ou baignoires non reliées à l'échangeur de chaleur de la configuration unitaire	L
Rat	Pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou baignoires	-
$Nb_{douches}^{gr,em-e,u}$	Nombre de douches et/ou baignoires à l'échelle d'une configuration unitaire	-
$V_{eg}^{gr,em-e-u}$	Volume d'eaux grises évacué à l'échelle d'une configuration unitaire	L
$V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}$	Volume d'eaux grises évacué « récupérable » (passant par un échangeur de chaleur) à l'échelle d'une configuration unitaire	L

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1.163
θ_{uw}	Température de l'eau mitigée utilisée au puisage	°C	40

Tableau 276 : Nomenclature du modèle

9.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

9.6.3.1 Principe du calcul des besoins d'ECS

Ce paragraphe explique le principe du calcul des besoins d'énergie horaires pour la production d'eau chaude sanitaire.

La quantité de chaleur nécessaire pour préparer l'eau chaude ou besoin d'eau chaude (en Wh) vaut pour chaque système de préparation :

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_{uw} \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) \quad (1680)$$

Le volume d'eau chaude mitigée, V_{uw} exprimé en litres, pour une heure donnée vaut :

$$V_{uw} = a \cdot ah \cdot Nu \quad (1681)$$

Avec :

a besoins unitaires hebdomadaires d'ECS afférents à l'usage considéré ;

ah coefficient horaire de la clé de répartition des besoins d'ECS afférente à l'usage considéré ;

Nu nombre d'unités à considérer (dépend de l'usage).

Le §9.6.3.2 donne les valeurs de a et Nu , corrigées au §9.6.3.3. Le §9.6.3.4 donne les valeurs de ah .

9.6.3.2 Nombre de litres total à 40°C hebdomadaires par émetteur ECS équivalent

9.6.3.2.1 Valeurs à considérer

Le volume total hebdomadaire d'ECS puisé (par émetteur ECS équivalent) est le produit des besoins unitaires hebdomadaires a (en nombre de litres d'eau à la température θ_{uw}) et du nombre d'unités caractéristiques de l'émetteur ECS équivalent, $Nu^{gr,em-e}$.

Pour les usages maison individuelle ou accolée et logements collectifs, le nombre d'unités (dont dépend le a) est le nombre d'adultes équivalent (calcul ci-après). Pour les autres usages, Nu et a sont précisées dans le tableau ci-dessous :

N° d'usage	Type d'usage associé	$a^{gr,em-e}$ (besoins d'ECS hebdo en L d'eau à θ_{uw} par unité)	$Nu^{gr,em-e}$ (nombre d'unités par émetteur ECS)
1	Maisons individuelles ou accolées	Voir ci-dessous	Voir ci-dessous
2	Logements collectifs	Voir ci-dessous	Voir ci-dessous
3	Bureaux	1,25	m² de surface utile
4	Enseignement primaire	0,2	m² de surface utile
5	Enseignement secondaire	0,2	m² de surface utile
6	Médiathèques et bibliothèques	0,2	m² de surface utile

7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0,2	m ² de surface utile
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	22,873	m ² de surface utile
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	18,98	m ² de surface utile
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	5,694	m ² de surface utile
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	4,76	m ² de surface utile
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0,714	m ² de surface utile
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	19,5	m ² de surface utile
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	2,2	m ² de surface utile
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	5,3	m ² de surface utile
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	19,5	m ² de surface utile
17	Commerces	0,24	m ² de surface utile
18	Vestiaires seuls	79	m ² de surface utile
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	2,8	m ² de surface utile
20	Etablissements de santé (partie nuit)	1,68	m ² de surface utile
21	Etablissements de santé (partie jour)	25,2	m ² de surface utile
22	Aérogares	0,24	m ² de surface utile
23	Industries ou artisanats 3x8h	0,24	m ² de surface utile
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0,24	m ² de surface utile
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	13,2	m ² de surface utile
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	4,5	m ² de surface utile
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	9,8	m ² de surface utile
28	Etablissements sportifs privés	33,9	m ² de surface utile

Tableau 277 : Besoins unitaires hebdomadaires d'eau chaude sanitaire à 40 °C

9.6.3.2.2 Détails des calculs au niveau de l'émission ECS équivalente

Avant de détailler les calculs, les principes de calculs sont les suivants :

- pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logements collectifs, Nu est égal au nombre d'unités caractéristiques de l'émetteur ECS équivalent. a est figé dans les scénarios conventionnels (il sera donc le même pour tous les émetteurs d'une zone) ;
- pour les usages maison individuelle ou accolée et logements collectifs, le nombre d'unités caractéristiques Nu est égal au nombre d'adultes équivalents. Le calcul du $Nadeq$ est identique à celui de la fiche algorithme des scénarios conventionnels mais les paramètres de calcul (surface, nombre de logements,...) sont définis au niveau de l'émetteur ECS équivalent. a dépend aussi de ces paramètres. On pose

$$A^{gr,em-e} = Rat_{eme}^{gr,em-e} * A^{gr} \quad (1682)$$

9.6.3.2.2.1 Calcul pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logements collectifs

Si $Usage_{zone} \neq \{1,2\}$, le nombre d'unités caractéristiques $Nu^{gr,em-e}$ est un paramètre d'intégration.

9.6.3.2.2.2 Calcul en usage maison individuelle ou accolée et logements collectifs

Si $Usage_{zone}$ correspond à un usage maison individuelle ou accolée et logements collectifs, le nombre d'adultes équivalents $Nadeq-e^{gr,em-e}$ est calculé comme suit.

- **En usage maison individuelle ou accolée ($Usage_{zone}=1$)**

La surface moyenne d'une maison desservie par l'émetteur ECS équivalent s'écrit

$$A_{maison}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{maison}^{gr,em-e}} \quad (1683)$$

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{maison}^{gr,em-e} < 30m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (70 - A_{maison}^{gr,em-e}) & \text{si } 30m^2 \leq A_{maison}^{gr,em-e} < 70m^2 \\ 0.025 \times A_{maison}^{gr,em-e} & \text{si } A_{maison}^{gr,em-e} \geq 70m^2 \end{cases} \quad (1684)$$

On en déduit

$$Nu^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{maison}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max}^{gr,em-e} - 1.75) & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} \geq 1.75 \end{cases} \quad (1685)$$

Et

$$a^{gr,em-e} = \min \left(392; \left(40 * \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (1686)$$

- **En usage logements collectifs (Usage_{zone}=2)**

La surface moyenne d'un logement desservi par l'émetteur ECS équivalent s'écrit

$$A_{lgt}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{lgt-e}^{gr,em-e}} \quad (1687)$$

Cette surface est utilisée pour calculer $N_{max}^{gr,em-e}$ comme suit :

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} < 10m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (50 - A_{lgt}^{gr,em-e}) & \text{si } 10m^2 \leq A_{lgt}^{gr,em-e} < 50m^2 \\ 0.035 \times A_{lgt}^{gr,em-e} & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} \geq 50m^2 \end{cases} \quad (1688)$$

Le nombre d'adultes équivalent total est défini par

$$N_{max}^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{lgt-e}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max}^{gr,em-e} - 1.75) & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} \geq 1.75 \end{cases} \quad (1689)$$

Et donc, les besoins unitaires s'expriment de la façon suivante :

$$a^{gr,em-e} = \min \left(392; \left(40 * \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (1690)$$

9.6.3.2.3 Conclusion

Quel que soit l'usage, le nombre de litres d'eau total par semaine à θ_{uw} par émetteur ECS équivalent s'exprime sous la forme suivante

$$V_{uw\_hebdo}^{gr,em-e} = a^{gr,em-e} \cdot Nu^{gr,em-e} \quad (1691)$$

9.6.3.3 *Prise en compte des équipements et des émetteurs ECS*

Certains appareils sanitaires ECS (baignoire, douche,...) et émetteurs ECS (robinets,...) contribuent à la réduction des besoins d'eau chaude. Pour prendre en compte les appareils économes, le nombre de litres d'eau à 40°C hebdomadaire $V_{uw\_hebd}^{gr,em-e}$ est corrigé par un coefficient correctif, calculé dans la fiche algorithme C_EMI_Emission_ECS.

Pour chaque émetteur ECS équivalent, noté $em-e$,

$$V_{uw\_hebd\_corr}^{gr,em-e} = V_{uw\_hebd}^{gr,em-e} \cdot corr_{-e}^{gr, em-e} \quad (1692)$$

9.6.3.4 *Profils de soutirage*

Pour chaque usage, le nombre de litre d'eau total hebdomadaire à θ_{uw} par émetteur ECS équivalent ($=V_{uw\_hebd\_corr}^{gr,em-e}$), est réparti sur chaque pas de temps de la semaine à l'aide d'une clé de répartition ah . Cette clé formalise le profil de puisage et est définie par zone. Calculée dans la fiche scénarios conventionnels, elle est cohérente avec le scénario d'occupation.

Les profils de soutirage sont fonction du mois de l'année, du jour de la semaine et de l'heure de la journée.

Les matrices de répartition des besoins d'ECS sont détaillées dans les scénarios.

Note1 : la variation saisonnière n'est due ni aux évolutions de la température d'eau froide ni aux périodes d'absence des occupants mais est uniquement liée au comportement des occupants.

9.6.3.5 *Calculs des besoins horaires d'ECS*

9.6.3.5.1 Calculs des besoins horaires d'ECS (sans récupérateur de chaleur sur les eaux grises)

La quantité d'énergie nécessaire à chaque heure (en Wh) pour assurer les besoins d'ECS de l'émetteur équivalent ou du groupe s'exprime de la manière suivante :

Par émetteur ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e} = \rho_w \cdot c_w \cdot (V_{uw\_hebd\_corr}^{gr,em-e} \cdot ah) \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) \quad (1693)$$

Somme sur tous les émetteurs ECS du groupe :

$$Q_w^{gr} = \rho_w \cdot c_w \cdot \left(\sum_{em-e} (V_{uw\_hebd\_corr}^{gr,em-e} \cdot ah) \right) \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw})$$

Par ailleurs, pour compléter les sorties du moteur, les besoins d'ECS bruts (sans correction par les émetteurs) sont calculés par groupe. Ils ne sont utilisés que comme indicateurs pédagogiques.

$$Q_{w\_bruts}^{gr} = \rho_w \cdot c_w \cdot \left(\sum_{em-e} (V_{uw\_hebd}^{gr,em-e} \cdot ah) \right) \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) \quad (1694)$$

9.6.3.5.2 Calculs des besoins horaires d'ECS (avec récupérateur de chaleur sur les eaux grises)

Dans le cas de la présence de récupérateurs de chaleur sur les eaux grises, le calcul des besoins d'ECS est modifié.

Le modèle émetteur-équivalent décrit les équipements et l'installation éventuelle d'un ou plusieurs récupérateurs de chaleurs sur les eaux grises. Lors de la création d'un émetteur équivalent (au niveau du groupe), l'utilisateur doit confirmer si l'émetteur équivalent contient un système de récupération de chaleur sur les eaux grises :

- $I_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (pas de système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent) ;
- $I_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (présence d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises).

Dans le cas où $I_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (présence d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises), la configuration du système de récupération de chaleur doit être renseignée (au niveau du projet pour la récupération collective). Deux configurations sont possibles :

- $Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (récupération de chaleur « collective – intergroupe ») ;
- $Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (récupération de chaleur « individuelle - groupe »).

La récupération de chaleur « collective - intergroupe » ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$) signifie que les eaux grises récupérables issues des différents émetteurs équivalents de groupes distincts sont redirigées vers un même récupérateur de chaleur (récupérateur central). Les eaux grises sont donc préalablement mélangées (au niveau de la distribution intergroupe définie au niveau du projet) avant leur passage dans l'échangeur de chaleur central.

La récupération de chaleur « individuelle - groupe » ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$) signifie que chaque émetteur équivalent est relié à un échangeur de chaleur situé soit au niveau de l'évacuation (par exemple, un récupérateur de chaleur sous le bac à douche) soit à proximité dans le cas de récupérateurs de chaleur partagés entre appareils sanitaires proches. Dans cette configuration, tout se déroule au sein du groupe (dans l'émetteur équivalent).

Ces deux configurations peuvent prendre différentes formes en fonction de la position du récupérateur de chaleur unitaire (définie au niveau de l'émetteur équivalent). La position du récupérateur de chaleur unitaire vis-à-vis du circuit d'eau froide doit donc également être renseignée par l'utilisateur. Trois installations sont possibles :

- $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et du ballon d'ECS) ;
- $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement au niveau de l'alimentation en eau froide) ;
- $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs).

Si le récupérateur de chaleur est situé en amont des mitigeurs et du ballon d'ECS ($T_{position}^{gr,em-e} = 0$), la totalité de l'eau froide appelée par ces derniers circule à travers le récupérateur de chaleur. L'eau froide préchauffée utilisée au niveau des mitigeurs permet ainsi de réduire les besoins d'ECS pour atteindre la température de consigne de 40°C (eau mitigée). Le reste de l'eau froide préchauffée est utilisée pour remplacer le volume d'eau extrait au niveau du ballon d'ECS.

Si le récupérateur de chaleur est situé uniquement au niveau de l'alimentation en eau froide ($T_{position}^{gr,em-e} = 1$), l'eau froide préchauffée est alors entièrement utilisée comme source d'eau froide du ballon d'ECS. Les mitigeurs n'ont alors pas accès à l'eau froide préchauffée.

Si le récupérateur de chaleur est situé uniquement en amont des mitigeurs, l'eau froide préchauffée est utilisée seulement par les mitigeurs ($T_{position}^{gr,em-e} = 2$). L'eau froide du ballon d'ECS n'est alors pas préchauffée.

Une configuration dépend aussi du nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires) reliés à un même récupérateur de chaleur unitaire (échangeur de chaleur) et du nombre total de d'échangeurs de chaleur (ou configurations unitaires identiques) contenus dans l'émetteur équivalent (tout est défini au niveau du récupérateur de chaleur unitaire). Une configuration (au niveau de l'émetteur équivalent) peut donc s'écrire sous la forme vectorielle suivante : $(Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u}; Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u})$.

Remarque : Un récupérateur de chaleur unitaire (l'indice u sert à spécifier que les appareils sanitaires reliés forment une configuration unitaire) doit être créé pour chaque type de configuration. En d'autres termes, un même récupérateur de chaleur ne peut avoir des configurations distinctes, c'est-à-dire qu'un échangeur de chaleur est associé à une et une seule configuration.

L'algorithme mathématique lié au calcul de la récupération de chaleur sur les eaux grises est décomposé en deux étapes : (i) le calcul des volumes, débits et températures nécessaires au modèle de récupération sur les eaux grises, puis (ii) le calcul des besoins d'ECS, noté $Q_w^{gr}(h)$, à destination de la génération d'ECS.

Ces deux étapes sont successives dans le cas de $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupération de chaleur situé uniquement au niveau de l'alimentation en eau froide), mais espacées dans le cas $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupération de chaleur situé en amont des mitigeurs et du ballon d'ECS) ou $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupération de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs) où un passage dans le modèle d'échangeur de chaleur individuel (défini au niveau du récupérateur de chaleur unitaire) est nécessaire avant de pouvoir calculer les besoins d'ECS.

9.6.3.5.2.1 Étape 1 : calcul des volumes, débits et températures du systèmes d'ECS

Les calculs s'effectuent à l'échelle de la configuration unitaire ($gr, em - e, u$), à savoir à l'échelle d'un échangeur de chaleur. Les résultats obtenus sont ensuite multipliés par le nombre de configurations unitaires identiques (nombre d'échangeurs de chaleur). Des constantes conventionnelles sont définies afin de faire les calculs :

- $debit_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}$, le débit volumique nominal de fonctionnement d'une douche ou d'une baignoire pour l'émetteur équivalent [L/h];
- $\Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}$, la durée nominale de fonctionnement d'une douche ou d'une baignoire pour l'émetteur équivalent [h].

Les bains sont considérés comme des événements ponctuels qui peuvent être considérés comme négligeables au niveau réglementaire – car non représentatifs. Par conséquent, les baignoires sont traitées comme des douches.

Volumes

Le nombre de litres d'eau mitigée (eau à 40°C) hebdomadaires nécessaires par émetteur d'ECS équivalent (prenant en compte l'effet des appareils économes), noté $V_{uw\_heβδο\_corr}^{gr,em-e}$, est défini dans la partie 9.6.3.3. Ce volume est rapporté au pas de temps horaire, $V_{uw}^{gr,em-e}(h)$, grâce à une clé de répartition horaire propre à chaque usage, laquelle est notée ah , telle que $V_{uw}^{gr,em-e}(h) = V_{uw\_heβδο\_corr}^{gr,em-e} \times ah$.

Le volume d'eau mitigé puisée par heure au niveau du groupe est donc égale à la somme des volumes d'eau mitigée puisée à l'échelle de l'émetteur équivalent :

$$V_{uw}^{gr}(h) = \sum_{em-e \in gr} V_{uw}^{gr,em-e}(h) \quad (1695)$$

Le volume d'eau mitigé puisée par émetteur équivalent correspond quant à lui à la somme des

volumes d'eau mitigée puisée à l'échelle de la configuration unitaire (contenu dans un émetteur équivalent) :

$$V_{uw}^{gr,em-e}(h) = \sum_{u \in em-e} Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1696)$$

Le volume d'eau mitigé puisé à l'échelle de la configuration unitaire dépend du nombre d'appareils sanitaires liés à la configuration unitaire et du nombre de configurations unitaires identiques tel que :

$$V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) + V_{uw,rat-non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1697)$$

avec :

$$\begin{aligned} V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \\ = Rat \times \frac{Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \end{aligned} \quad (1698)$$

$$\begin{aligned} V_{uw,rat-non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \\ = Rat \times \frac{Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \end{aligned} \quad (1699)$$

où Rat et $Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}$ sont la proportion des besoins dédiés aux douches et/ou aux bains [-] et le nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires) associés à Rat pour une configuration unitaire [-], respectivement, avec :

$$Rat = \frac{100 - Rat_{douches-bains}}{100} \quad (1700)$$

où $Rat_{douches-bains}$ est le pourcentage de besoins dédiés aux douches et/ou aux bains [-], lequel est défini conventionnellement et

$Nb_{douches\_bains}^{gr,em-e,u}$ le nombre total de douches et/ou baignoires défini comme suit :

$$Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u} = Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} + Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} \quad (1701)$$

Le volume des eaux grises évacuées est le même que le volume d'eau mitigée puisée par heure, à l'échelle de la configuration unitaire, à savoir :

$$V_{eg}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1702)$$

Équation (2163) est basée sur l'hypothèse que l'évacuation des baignoires se déroule au même pas de temps que les autres appareils sanitaires. Qui plus est, les bains sont considérés comme des événements ponctuels qui peuvent être considérés comme négligeables au niveau réglementaire – car non représentatifs.

Le volume des eaux grises « récupérables » (à savoir la partie des eaux grises qui passe au travers du récupérateur de chaleur) à l'échelle de la configuration unitaire est quant à lui le suivant :

$$V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h) = V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1703)$$

Températures vers distribution

Les constantes suivantes (définies conventionnellement) sont utilisées afin de déterminer le jeu de températures nécessaire en entrée de l'objet « récupérateur instantané de chaleur » :

- θ_{uw} , température de l'eau mitigée utilisée au puisage (égale à 40°C) ;
- $\Delta\theta_{douches-bains}^{util}$, déperditions de température entre l'émission et l'évacuation de l'eau mitigée dans le circuit de distribution.

La température de l'eau mitigée utilisée au puisage est égale à 40°C. Les déperditions de température entre l'émission et l'évacuation de l'eau mitigée dans le circuit de distribution sont définies comme suit :

$$\Delta\theta_{douches-bains}^{util} = 3^{\circ}\text{C} \quad (1704)$$

La température des eaux grises récupérables est le résultat du mélange des volumes évacués de chaque appareil sanitaire de la configuration unitaire relié à l'échangeur de chaleur commun :

$$\begin{aligned} \theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h) &= \frac{V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times (\theta_{uw} - \Delta\theta_{type, douches-bains}^{util})}{V_{eg, recup}^{gr,em-e-u}(h)} \\ &= \theta_{uw} - \Delta\theta_{type, douches-bains}^{util} \end{aligned} \quad (1705)$$

Débits d'eaux grises circulant dans le récupérateur de chaleur

Les débits réels des eaux grises et de l'eau froide circulant dans un échangeur de chaleur sont nécessaires pour le calcul de son efficacité. Le débit horaire ne permet pas de représenter fidèlement les débits d'évacuation (et donc l'efficacité de l'échangeur de chaleur sur les eaux grises). L'utilisation des débits horaires supposeraient une évacuation de l'eau en continu sur une heure (durée du pas de temps de simulation) alors que l'utilisation effective des appareils sanitaires est souvent inférieure à cette durée.

Pour chaque échangeur de chaleur, un débit moyen probable lors des périodes de fonctionnement est calculé grâce à une méthode reposant sur des hypothèses conventionnelles quant à la nature des puisages pour les douches et/ou baignoires. Le volume des eaux grises « récupérables » est alors décomposé en un nombre de puisages significatifs/équivalents.

Un nombre de puisages équivalents pour les douches et baignoires reliées est calculé de la façon suivante :

$$N_{puisage-equiv, reliés, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = \left\lceil \frac{V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e}} \right\rceil \quad (1706)$$

où $V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e}$ est le volume équivalent à 40°C par type [m³] (lequel dépend du débit nominal $debit_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}$ [m³/s] et de la durée nominale $\Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}$ [s] définis conventionnellement) calculé comme suit :

$$V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e} = debit_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e} \times \Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e} \quad (1707)$$

Un nombre de puisages équivalents pour les douches et baignoires non reliées est calculé comme suit :

$$N_{puisage-equiv, non-reliés, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = \left\lceil \frac{V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e}} \right\rceil \quad (1708)$$

Le nombre de puisages équivalents permet de calculer un débit effectif en conservant comme référence la durée nominale (définie conventionnellement) :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \\ = \frac{V_{uw, \text{rat-relies}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h)}{N_{\text{puisage-equiv, reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \Delta t_{\text{nominal}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e}} \end{aligned} \quad (1709)$$

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \\ = \frac{V_{uw, \text{rat-non-relies}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h)}{N_{\text{puisage-equiv, non-reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \Delta t_{\text{nominal}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e}} \end{aligned} \quad (1710)$$

D'après les hypothèses précédentes, si tous les puisages avaient lieu simultanément au pas de temps h , le débit d'ECS maximal (pour les appareils sanitaires reliés) serait donc $N_{\text{puisage-equiv, reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr,em-e,u}(h)$. Comme tous les puisages n'ont pas forcément lieu en même temps, le débit des eaux grises est donc calculé à partir du débit d'ECS effectif, en intégrant un facteur de concomitance :

Si $N_{\text{puisage-equiv, reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) = 1$:

$$\text{debit}_{\text{eg, recup}}^{gr,em-e,u}(h) = N_{\text{puisage-equiv, reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1711)$$

sinon :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg, recup}}^{gr,em-e,u}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv, reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \\ \times Y_{\text{reliés}}(h) \end{aligned} \quad (1712)$$

où $Y_{\text{reliés}}(h)$ est le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages (facteur de concomitance), pour les appareils sanitaires reliés, calculé comme suit :

$$Y_{\text{reliés}}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage-equiv, reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (1713)$$

Si $N_{\text{puisage-equiv, non-reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) = 1$:

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg, non-recup}}^{gr,em-e,u}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv, non-reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \\ \times \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \end{aligned} \quad (1714)$$

sinon :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg, non-recup}}^{gr,em-e,u}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv, non-reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \\ \times \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \times Y_{\text{non-relies}}(h) \end{aligned} \quad (1715)$$

où $Y_{\text{non-relies}}(h)$ est le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages (facteur de concomitance), pour les appareils sanitaires non reliés, calculé comme suit :

$$Y_{\text{non-relies}}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage-equiv, non-reliés}, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (1716)$$

Débits d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur

Le débit d'arrivée d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur dépend de la position du récupérateur de chaleur.

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et de l'alimentation d'eau froid)

Toute l'eau froide entrante afin de remplacer le volume d'eau rejeté circule dans l'échangeur de chaleur. Le débit d'eau froide est donc égal à tout instant au débit d'eau rejeté :

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1717)$$

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont de l'alimentation d'eau froid)

Seul le volume d'eau froide à destination du ballon d'eau chaude circule dans l'échangeur de chaleur. Le débit d'eau froide correspondant est égal au débit d'eau chaude fourni par le ballon à l'ensemble des mitigeurs (reliés ou non). À tout instant, le volume d'eau chaude appelé est le suivant :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{cw}} \quad (1718)$$

Le débit d'eau froide circulant dans le récupérateur de chaleur unitaire est donc calculé comme suit :

$$\begin{aligned} debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) \\ = [debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h)] \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{cw}(h-1) - \theta_{cw}} \end{aligned} \quad (1719)$$

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs)

Seul le volume d'eau froide à destination des mitigeurs reliés circule dans l'échangeur de chaleur. Ce volume est difficile à évaluer puisqu'il dépend de la température de l'eau préchauffée et que cette dernière dépend du débit d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur. Le pas de temps horaire est trop grand pour utiliser la température au pas de temps précédent comme référence.

Un calcul itératif au sein du même pas de temps horaire h dans le bloc « récupérateur instantané de chaleur sur les eaux grises » est utilisé afin de calculer la température de l'eau préchauffée

Initialisation

$$n = 0$$

$$n_{max} = 1000$$

$$\theta_{ep}^{gr,em-e,u}(n=0) = \frac{\theta_{eg} + \theta_{cw}}{2} \text{ (Correspond à un rendement initial de l'échangeur de chaleur de 50\%)}$$

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n=0) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}}$$

Boucle

Tant que $n \leq n_{max}$ ou que $\frac{|debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n) - debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n-1)|}{debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n)} > 5\%$ (passage dans le récupérateur, h est fixe) :

$\theta_{ep}(n+1) \leftarrow$ Modèle échangeur instantané de chaleur ($debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n)$)

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n+1) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(n+1)}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}(n+1)}$$

$n = n + 1$

Fin

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n)$$

Le débit obtenu avec une marge d'erreur inférieure à 5% est alors utilisé comme donnée d'entrée du module échangeur du processus de calcul normal. Il « repasse » donc une fois de plus dans le module échangeur (entraînant un gain en précision sur les données de sorties).

9.6.3.5.2.2 Étape 2 : calcul des besoins d'ECS

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont de l'alimentation d'eau froid) ou $I_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (pas de système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent)

Le volume d'eau chaude appelée au niveau de la configuration unitaire est identique à celui en l'absence de récupérateur de chaleur sur les eaux grises.

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (1720)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (1721)$$

Les besoins d'ECS ne sont pas modifiés par la présence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises. La configuration ($T_{position}^{gr,em-e} = 1$) est la seule configuration pour laquelle il n'est pas nécessaire de revenir calculer les besoins au niveau de l'émetteur équivalent après passage dans le module d'échangeur de chaleur. Les besoins ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (1722)$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe :

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

Les effets de la présence d'un récupérateur de chaleur sur eaux grises pour $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ s'observent au niveau du ballon d'ECS (voir Assemblage ballon ECS en partie 9.21.3).

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et de l'alimentation

d'eau froid)

L'utilisation d'une eau préchauffée au niveau du ou des mitigeurs revient à diminuer les besoins horaires d'eau chaude par rapport à une installation sans récupérateur de chaleur.

Cet effet se traduit donc par une diminution des besoins d'eau chaude. Il est alors nécessaire de calculer le nouveau volume d'eau chaude appelée :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (1723)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (1724)$$

Les besoins d'ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (1725)$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe :

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

Le reste de l'eau froide préchauffée vient remplacer dans des proportions exactes le volume d'eau chaude puisée dans le ballon d'ECS, diminuant ainsi les consommations d'énergie (voir Assemblage ballon ECS en partie 9.21.3).

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs)

Comme pour $T_{position}^{gr,em-e} = 0$, l'utilisation d'une eau préchauffée au niveau du ou des mitigeurs revient à diminuer les besoins d'ECS par rapport à une installation sans récupérateur de chaleur mais cette fois uniquement pour les émetteurs reliés au récupérateur de chaleur. À l'échelle de la configuration unitaire, cela se traduit par :

$$\begin{aligned} V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) &= V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \\ &+ V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}(h)} \end{aligned} \quad (1726)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1727)$$

Les besoins d'ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (1728)$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe :

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

À l'inverse de $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ et $T_{position}^{gr,em-e} = 1$, l'eau froide en entrée du ballon ECS n'est pas préchauffée. La présence d'un récupérateur de chaleur n'a donc pas d'effet sur la génération.

9.7 C_DIS_Distribution_ECS_du_groupe

9.7.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit le modèle du réseau de distribution interne à un groupe pour l'eau chaude sanitaire. Ce réseau appartient exclusivement à un groupe et est lié à une émission ECS équivalente. Ces calculs interviennent après ceux des besoins d'ECS.

Un réseau de distribution du groupe correspond au deuxième niveau d'arborescence d'un réseau de distribution. Plusieurs réseaux de distribution du groupe peuvent être connectés à un même réseau de distribution intergroupe.

Les caractéristiques principales du réseau de distribution du groupe sont ses pertes (en W/K, dont une partie seulement est récupérable par le groupe) et sa température.

9.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 278 donne la nomenclature des différentes variables du modèle du réseau de distribution du groupe de l'ECS.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Besoins	$Q_{w,gr,em-e}^{gr,em-}(h-1)$	Besoins d'ECS par émetteur ECS équivalent, au pas de temps précédent h-1	Wh
	$Q_{w,gr,em-e}^{gr,em-}(h)$	Besoins d'ECS par émetteur ECS équivalent, au pas de temps h	Wh
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	m²
	$\theta_i(h)$	Température moyenne de l'air intérieur dans le groupe au pas de temps h.	°C
	$\theta_{ext}(h)$	Température moyenne de l'air extérieur au pas de temps h.	°C
ET.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-

Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$nb_{bouchons}$	Nombre de bouchons d'eau froide par heure de la distribution d'ECS	-	0	$+\infty$	-
	D_{int_2nd-e}	Diamètre intérieur de la distribution d'ECS.	m	0	$+\infty$	-
	L_{vc_2nd-e}	Longueur totale du réseau de distribution d'ECS, interne au groupe, situé en volume chauffé divisée par nb_{dist_2nd-e}	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc_2nd-e}	Longueur totale du réseau de distribution d'ECS, interne au groupe, situé hors volume chauffé divisée par nb_{dist_2nd-e}	m	0	$+\infty$	-

Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	nb_{dist_2nd-e}	Nombre de distributions d'ECS du groupe strictement identiques connectés au même émetteurs ECS équivalent.	-	0	$+\infty$	
	δ_{lvc}	Utiliser la longueur de distribution d'ECS du groupe en volume chauffé par défaut? (=0 : valeur par défaut / =1 valeur à saisir)	-	0	1	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{w\_2nd-e}(h)$	Besoins d'ECS horaires majorés des pertes de distribution	Wh
$\Phi_{pertes\_vc\_2nd-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution d'ECS interne au groupe	Wh
$Alerte_{tem\ p-e}$	Alerte si la température de la distribution d'ECS du groupe est inférieure à la température de l'eau mitigée θ_{uw} .	bool

Variables internes

Nom	Description	Unité
V_{vc_2nd-e}	Volume de la distribution du groupe d'ECS en volume chauffé	L
V_{hvc_2nd-e}	Volume de la distribution du groupe d'ECS hors volume chauffé	L
$IS_{successif}(h)$	Indice pour corriger, à chaque pas de temps, le nombre de bouchons d'eau froide dans le cas de puisages successifs d'ECS	-
$\Phi_{pertes\_hvc\_2nd-e}(h)$	Pertes hors volume chauffé du réseau de distribution du groupe d'ECS	Wh
$ds-e$	Caractérise la distribution du groupe d'ECS	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1.163
θ_{2nd-e}	Température de la distribution d'ECS du groupe	°C	53
θ_{uw}	Température de l'eau mitigée utilisée au puisage	°C	40

Tableau 278 : Nomenclature du modèle

9.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le composant de distribution du groupe ECS est obligatoire dès lors qu'il y a un composant émetteur ECS. Le réseau de distribution du groupe est relié en aval à une seule émission ECS équivalente et en amont à :

- 1) soit une distribution intergroupe ;
- 2) soit directement à une génération (dans ce cas la distribution intergroupe est fictive).

Ce chapitre détermine pour chaque distribution d'ECS du groupe :

- les pertes de distribution, égales à l'énergie perdue dans le circuit de distribution ECS du groupe;
- les consommations des auxiliaires de distribution ;
- les besoins augmentés des pertes de distribution d'ECS du groupe.

9.7.3.1 *Le réseau de distribution d'ECS au sein d'un groupe*

9.7.3.1.1 Hypothèses choisies

- le réseau de distribution du groupe est relié à une et une seule émission ECS (description des robinets, appareils sanitaires...) équivalente ;
- il n'y a pas de circulateurs dans ces réseaux ;
- ces réseaux ne sont pas isolés ;
- on peut décrire nb_{dist_2nd-e} réseaux internes au groupe identiques.

9.7.3.1.2 La température de la distribution du groupe pour l'ECS

La température de la distribution d'ECS interne au groupe θ_{2nd-e} est définie par l'utilisateur. Cette température est supposée constante dans toute la distribution. Un message d'erreur apparaîtra si:

- la température des réseaux d'ECS est inférieure à celle de l'eau mitigée demandée aux émetteurs ECS ;
- dans le cas d'une production centralisée à appoints décentralisés (CESCI ou CESCO), la température est supérieure à la température de consigne des ballons décentralisés.

9.7.3.1.3 Les longueurs du réseau de distribution d'ECS interne au groupe

La partie du réseau en volume chauffé L_{vc_2nd-e} se distingue de la partie hors volume chauffé L_{hvc_2nd-e} .

Pour la longueur de distribution en volume chauffé, l'utilisateur a le choix entre une valeur par défaut et une valeur à saisir. La valeur à saisir (et pas la valeur par défaut) sera multipliée par le nombre de réseaux du groupe identiques nb_{dist_2nd-e} . En usage d'habitation, les valeurs par défaut sont basées sur une surface de plancher moyenne de 80 m² et une longueur moyenne des tubes de distribution de 6m. Elles sont issues de la norme NF EN 15316-3-2, annexe D :

Si $\delta_{lvc} = 0$

- en usage d'habitation :

$$L_{vc\_2nd-e} = 6 * \frac{A^{gr,em-e}}{80} \quad (1729)$$

- pour les autres usages :

$$L_{vc\_2nd-e} = 0.05 * A^{gr,em-e}$$

Sinon $\delta_{lvc} = 1$, L_{vc_2nd-e} est une donnée d'entrée.

9.7.3.1.4 Les volumes du réseau de distribution d'ECS interne au groupe

A partir des longueurs précédemment calculées, nous déduisons les volumes de la distribution en local chauffé ou hors local chauffé, V_{vc_2nd-e} et V_{hvc_2nd-e} , exprimés en litres :

$$\begin{aligned} V_{vc\_2nd-e} &= \left(L_{vc\_2nd-e} \times \frac{\pi \cdot D_{int\_2nd-e}^2}{4} \right) \times 1000 \\ V_{hvc\_2nd-e} &= \left(L_{hvc\_2nd-e} \times \frac{\pi \cdot D_{int\_2nd-e}^2}{4} \right) \times 1000 \end{aligned} \quad (1730)$$

Où D_{int_2nd-e} est le diamètre intérieur de la distribution du groupe pour l'ECS (ici exprimé en m).

9.7.3.1.5 Les pertes du réseau de distribution d'ECS du groupe

La durée des puisages d'ECS est relativement courte. Lors d'un puisage, la distribution va être maintenue à la température θ_{2nd-e} . Après un puisage, tout le volume d'eau chaude contenu dans la distribution va progressivement se refroidir jusqu'à atteindre la température ambiante. Si deux puisages sont suffisamment rapprochés, le volume d'eau chaude n'aura pas le temps de se refroidir.

Partant de ce constat, les règles Th-BCE, pour lesquelles le pas de temps est horaire, adoptent les conventions suivantes :

- lors d'un pas de temps avec puisages d'ECS, les pertes thermiques sont calculées à partir des caractéristiques géométriques de la distribution, de la capacité calorifique volumique de l'eau, de la température de distribution et du nombre de bouchons d'eau froide-eau chaude contenue dans la distribution et qui s'est refroidie- en une heure (paramètre conventionnel et dépendant de l'usage) ;
- au pas de temps consécutif à un puisage, le calcul des pertes est identique mais avec un nombre de bouchons d'eau froide plus faible ;

- en l'absence de puisages au cours du pas de temps, l'eau est revenue à température ambiante, les pertes sont supposées nulles.

Ces notions sont exprimées par les variables suivantes :

- $nb_{bouchons}$ est le nombre de bouchons d'eau froide par heure de la distribution d'ECS. Sa valeur est conventionnelle et dépend des usages (voir ci-dessous)

N° d'usage	Type d'usage associé	$nb_{bouchons}$ (nombre de bouchons par heure de puisage)
1	Maisons individuelles ou accolées	3
2	Logements collectifs	3
3	Bureaux	2
4	Enseignement primaire	2
5	Enseignement secondaire	3
6	Médiathèques et bibliothèques	3
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	3
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	4
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	4
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	2
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	2
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	2
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	2
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	2
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	2
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	3
17	Commerces	2
18	Vestiaires seuls	2
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	2
20	Etablissements de santé (partie nuit)	2
21	Etablissements de santé (partie jour)	2
22	Aérogares	2
23	Industries ou artisanats 3x8h	2
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	2
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	2
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	2
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	2
28	Etablissements sportifs privés	2

Tableau 279 : valeurs conventionnelles du nombre de bouchons d'eau froide d'une distribution d'ECS du groupe

- $I_{\text{successif}}$ prend en compte le fait que deux puisages rapprochés généreront moins de déperditions puisque l'eau chaude n'aura pas le temps de se refroidir entièrement.

$$\begin{aligned}
 I_{\text{successif}} &= 1 \text{ si } Q_w^{gr,em-e}(h-1) = 0 \text{ et } Q_w^{gr,em-e}(h) \neq 0 \\
 &= \frac{nb_{\text{bouchons}}-1}{nb_{\text{bouchons}}} \text{ si } Q_w^{gr,em-e}(h-1) \neq 0 \text{ et } Q_w^{gr,em-e}(h) \neq 0 \\
 &= 0 \text{ sinon (pas de pertes)}
 \end{aligned} \tag{1731}$$

Calcul des pertes de distribution

La quantité d'énergie (en Wh) contenue dans le réseau de distribution ECS du groupe, respectivement en volume chauffé et hors volume chauffé, qui sera perdue au cours du pas de temps h , s'exprime donc de la manière suivante :

$$\phi_{\text{pertes}_{vc\_2nd-e}}(h) = \left(\frac{\rho_w \cdot C_w \cdot V_{vc\_2nd-e} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_i(h))}{\times nb_{\text{bouchons}} \times I_{\text{successif}}(h) \times nb_{\text{dist\_2nd-e}}} \right) \tag{1732}$$

$$\begin{aligned}
 &\Phi_{\text{pertes}_{hvc\_2nd-e}}(h) \\
 &= \left(\frac{\rho_w \cdot C_w \cdot V_{hvc\_2nd-e}}{\times nb_{\text{bouchons}} \times I_{\text{successif}}(h) \times nb_{\text{dist\_2nd-e}}} \cdot \max \left(0; (\theta_{2nd-e} - (b_{\text{therm}}(h) \times \theta_{\text{ext}}(h) + (1 - b_{\text{therm}}(h)) \times \theta_i(h))) \right) \right) \tag{1733}
 \end{aligned}$$

$nb_{\text{dist\_2nd-e}}$ est le nombre de distributions du groupe dédiées à l'ECS strictement identiques, possédant les mêmes caractéristiques géométriques (longueurs L_{vc_2nd-e} et L_{hvc_2nd-e} , diamètre de canalisation $D_{\text{int\_2nd-e}}$) et connectées au même émetteur ECS équivalent.

9.7.3.1.6 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau de distribution du groupe pour l'ECS

La demande en énergie (en Wh) au point d'entrée du réseau de distribution du groupe pour l'ECS est finalement la suivante :

$$Q_{w\_2nd-e}(h) = Q_w^{gr,em-e}(h) + \phi_{\text{pertes}_{vc\_2nd-e}}(h) + \phi_{\text{pertes}_{hvc\_2nd-e}}(h) \tag{1734}$$

9.8 C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe

9.8.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit le modèle du réseau de distribution intergroupe de l'eau chaude sanitaire. Ce réseau, relié en amont à la génération et en aval à un (ou plusieurs) réseau(x) de distribution internes au groupe, peut être commune à plusieurs bâtiments.

Les caractéristiques principales d'un réseau sont ses pertes (en W/K, dont une partie seulement est récupérable par un groupe), sa température et les consommations de ses auxiliaires.

9.8.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 280 donne la nomenclature des différentes variables du modèle des distributions intergroupes d'ECS.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
ET	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-			
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m²			
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
	$\theta_{b4}^{centr}(h-1)$	Température de la zone supérieure du ballon centralisé au début du pas de temps (pour les PCAD)	°C			
	$i_{ecs}^{ds-e}(j)$	Indicateur qui précise, pour chaque distribution du groupe, si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$L_{vc\_prim\_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{hvc\_prim\_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{vc\_prim\_trac-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe tracé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{hvc\_prim\_trac-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe tracé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	U_{prim-e}	Coefficient de transfert thermique linéique spécifique de la distribution intergroupe d'ECS	W/mK	0	$+\infty$	-
	$Is_{rechauf\_bcl-e}$	Présence d'un réchauffeur de boucle (=0 pas de réchauffeur / =1 présence d'un réchauffeur). Uniquement pour les réseaux bouclés.	-	0	1	-
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$Type_{réseauintergroupe-e}$	Type du réseau de distribution intergroupe ECS (=0 si pas de réseau intergroupe / =1 si bouclé / =2 si tracé)	-	0	2	-
	$Type_{gest\_circ-e}$	Type de gestion des circulateurs du réseau de distribution intergroupe d'ECS (=0 si pas de gestion / =1 si arrêt des circulateurs en vacances)	-	0	1	-

P_{circ-e}	Puissance des circulateurs du réseau intergroupe bouclé d'ECS	W	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{w\_prim-e}(h)$	Besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe	Wh
θ_{moy_prim-e}	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
$W_{aux\_prim-e}^{dp-e}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale	Wh
$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, répartie au niveau du groupe	Wh
$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$\Phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$id_{encl-e}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération	entier
$Rat_{besoins\_prim-e}^{gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces\_prim-e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess-e}	Surface totale des émetteurs desservis par cette distribution intergroupe	m ²

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{départ\_prim-e}$	Température de la boucle départ du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
θ_{retour_prim-e}	Température de la boucle retour du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
L_{vc_prim-e}	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe en volume chauffé	m
L_{hvc_prim-e}	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe hors volume chauffé	m
W_{circ_prim-e}	Consommation des circulateurs de la distribution intergroupe bouclée d'ECS	Wh
W_{trac_prim-e}	Consommation des traceurs de la distribution intergroupe tracée d'ECS	Wh
$ds-e$	Caractérise la distribution du groupe d'ECS	-
$dp-e$	Caractérise la distribution intergroupe d'ECS	-

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
P_{circ_vc-e}	Part de la puissance des auxiliaires de distribution intergroupe ECS transmise sous forme de chaleur, récupérable par l'ambiance	-	0
$Fonction_{prim}$	Identificateur de la distribution : Chauffage(1), froid(2), ECS(3)	-	

Tableau 280 : Nomenclature du modèle

9.8.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Cette partie établit pour chaque réseau de distribution :

- les pertes thermiques de distribution ;
- les températures départ et retour ;
- les consommations des auxiliaires de distribution ;
- les besoins d'ECS majorés des pertes de distribution, c'est-à-dire aux bornes de la génération.

9.8.3.1 Principes et définition

Un réseau intergroupe est obligatoirement relié, en aval, à au moins un réseau de distribution interne à un groupe et en amont à une seule génération (dans laquelle au moins un générateur produira de l'ECS).

Le réseau intergroupe d'ECS est maintenu en température afin de réduire le temps d'attente de l'eau chaude aux émetteurs. La consommation d'énergie supplémentaire engendrée par le maintien en température est autorisée par le fait que le confort de l'occupant est significativement amélioré.

9.8.3.2 Calculs des indicateurs de la distribution intergroupe ECS

Caractérisation

Tous les réseaux de distribution sont identifiés par le paramètre $Fonction_{prim}$. Pour l'ECS, on pose :

$$Fonction_{prim} = 3 \quad (1735)$$

Fonctionnement

Le réseau de distribution intergroupe d'ECS fonctionne dès que l'un des réseaux internes au groupe qui lui sont reliés est en fonctionnement.

S'il existe $ds - e \in dp - e$ tel que $i_{ecs}^{ds-e}(h) > 0$

$$id_{encl-e}(j) = 1 \quad (1736)$$

Sinon,

$$id_{encl-e}(j) = 0$$

Répartition des pertes de distribution dans les groupes

Chaque groupe desservi (totalement ou en partie) par ce réseau intergroupe peut récupérer les pertes thermiques en volume chauffé. Ces dernières seront réparties dans chacun des groupes desservis au prorata des surfaces $A^{gr,em-e}$.

$$Rat_{surfaces\_prim\_e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{em-e \in gr} A^{gr,em-e}}{A_{dess\_e}} \quad (1737)$$

Avec

$$A_{dess\_e} = \sum_{em-e \in dp-e} A^{gr,em-e} \quad (1738)$$

Répartition des besoins par groupe

Plusieurs distributions du groupe, pouvant appartenir à des groupes différents, peuvent être reliées à une même distribution intergroupe. L'indicateur $Rat_{besoins\_prim-e}^{gr}$ exprime le pourcentage des besoins d'ECS de chaque groupe par rapport au besoin total de la distribution intergroupe.

$$Rat_{besoins\_prim-e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in gr} Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in dp-e} Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)} \quad (1739)$$

Note : si tous les besoins d'ECS des distributions du groupe $Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)$ sont nuls, on posera $Rat_{besoins\_prim-e}^{gr}(h) = Rat_{surfaces\_prim-e}^{gr}(h)$.

9.8.3.3 La distribution intergroupe bouclée (type_réseau_intergroupe-e=1)

9.8.3.3.1 Températures de la distribution bouclée

9.8.3.3.1.1 Boucle départ

La température de départ de la distribution bouclée est égale à la température maximale demandée par les réseaux secondaires. Elle est supposée constante dans toute la boucle de départ.

$$\theta_{départ\_prim-e} = \max_{ds-e} (\theta_{2nd-e}^{ds-e}) \quad (1740)$$

Dans le cas d'une production d'ECS centralisée à appoints décentralisés avec distribution intergroupe (CESCAI,...), la température de départ du réseau intergroupe est égale à la température de la zone supérieure du ballon central au début du pas de temps. Cette température est dynamique.

$$\theta_{départ\_prim-e}(h) = \theta_{b4}^{centr}(h-1) \quad (1741)$$

Le reste des calculs est identique.

9.8.3.3.1.2 Boucle retour

La température de retour est supposée inférieure de 5 K à la température de départ :

$$\theta_{retour\_prim-e} = \theta_{départ\_prim-e} - 5 \quad (1742)$$

9.8.3.3.1.3 Température moyenne de la boucle

$$\theta_{moy\_prim-e} = \left(\frac{\theta_{départ\_prim-e} + \theta_{retour\_prim-e}}{2} \right) \quad (1743)$$

9.8.3.3.2 Pertes thermiques de la distribution bouclée

Les pertes de distribution intergroupe sont calculées de la manière suivante. Pour les pertes hors

volume chauffé, le coefficient b_{therm} corrige l'écart de température entre le réseau et l'extérieur, dans le cas où la distribution traverse un espace tampon.

$$\begin{aligned}\varphi_{pertes\_vc\_prim-e}(h) &= U_{prim-e} \times L_{vc\_prim-e} \times (\theta_{moy\_prim-e} - \theta_{amb}) \times i_{dencl-e}(j) \\ \varphi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h) &= \left(U_{prim-e} \times L_{hvc\_prim-e} \times i_{dencl-e}(j) \times \right. \\ &\quad \left. (\theta_{moy\_prim-e} - (\theta_{amb} + b_{therm}(h) \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{amb}))) \right)\end{aligned}\quad (1744)$$

Avec

$$\begin{cases} \theta_{amb} = 20^{\circ}\text{C} \\ L_{vc\_prim-e} = L_{vc\_prim-bcl-e} \\ L_{hvc\_prim-e} = L_{hvc\_prim-bcl-e} \end{cases}\quad (1745)$$

Note : les longueurs d'un réseau intergroupe bouclé sont environ deux fois plus importantes que celles d'un réseau tracé.

9.8.3.3 Consommation électrique du réchauffeur de boucle

Un réchauffeur de boucle compense les pertes du réseau de distribution intergroupe bouclé en fournissant de l'énergie électrique (en Wh). Sa consommation est la suivante :

Si $Is_{rechauf\_bcl-e} = 0$

$$W_{rechauf\_prim-e}(h) = 0 \quad (1746)$$

Si $Is_{rechauf\_bcl-e} = 1$

$$W_{rechauf\_prim-e}(h) = \phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h) + \phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h)$$

9.8.3.4 Consommation électrique des circulateurs

Pour maintenir le fluide en circulation (le débit sera supposé constant) en vainquant les pertes de charge du système de distribution de l'eau chaude sanitaire, des circulateurs sont indispensables. La puissance des circulateurs est un paramètre intrinsèque du réseau de distribution. La consommation d'énergie électrique des circulateurs (en Wh) peut être estimée à partir de cette puissance.

Pour les usages d'enseignement, nous supposons que les circulateurs peuvent être arrêtés durant les vacances. Pour les autres usages, le fonctionnement des circulateurs est permanent, pour limiter le risque de développements bactériens.

La consommation électrique horaire des circulateurs s'exprime de la façon suivante :

Si $type_{gest\_circ-e} = 1$

$$Si \ i_{d\_encl-e}(j) = 1 \quad (1747)$$

$$W_{circ\_prim-e}(h) = P_{circ-e} (* 1h)$$

Si $i_{d\_encl-e}(j)=0$

$$W_{circ\_prim-e}(h) = 0$$

Si $type_{gest\_circ-e}=0$

$$W_{circ\_prim-e}(h) = P_{circ-e}(*1h) \quad (1748)$$

Pour une distribution bouclée, la consommation des auxiliaires de distribution, exprimée en énergie finale, est égale à celle des circulateurs.

$$W_{aux\_prim-e}^{dp-e}(h) = W_{circ\_prim-e}(h) \quad (1749)$$

Et pour chaque groupe,

$$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}(h) = W_{aux\_prim-e}^{dp-e}(h) * Rat_{surfaces\_prim-e}^{gr}(h) \quad (1750)$$

9.8.3.3.5 Pertes thermiques transmises à l'ambiance

Nous faisons les hypothèses suivantes :

- il n'y a pas de transmission, sous forme de chaleur, de la puissance dégagée par les auxiliaires de circulation au fluide de la distribution ;
- si le fluide de la distribution intergroupe n'est pas en circulation (lors des vacances de la zone d'enseignement), les pertes thermiques dans la distribution sont négligées.

La part de la consommation d'énergie des auxiliaires transmise à l'ambiance (en Wh) se calcule comme suit :

$$\Phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc-e} * W_{aux\_prim-e}^{dp-e}(h) \quad (1751)$$

Conventionnellement, on considèrera que la part de la consommation d'énergie P_{circ_vc-e} est nulle.

9.8.3.3.6 Calcul des besoins d'ECS augmentés des pertes du réseau intergroupe

La demande en énergie (en Wh) au point d'entrée du réseau intergroupe bouclé (c'est-à-dire aux bornes de la génération) est la suivante :

Si $Is_{rechauf\_bcl-e}=0$

$$Q_{w\_prim-e}(h) = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h) + \phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h) + \phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h) \quad (1752)$$

Si $Is_{rechauf\_bcl-e}=1$

$$Q_{w_{prim-e}}(h) = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h)$$

9.8.3.4 La distribution intergroupe tracée (type_réseau_intergroupe-e=2)

La distribution collective avec traçage est constituée une conduite d'eau chaude avec un traceur en fonctionnement permanent. Le réseau tracé ne comporte pas de circulateurs. Le traceur ne contribue pas à la génération.

Les pertes thermiques sont compensées par le traceur par effet Joule direct et ne sont donc pas ajoutées aux pertes thermiques du réseau de distribution d'eau chaude sanitaire.

9.8.3.4.1 Calcul des températures de la distribution tracée

9.8.3.4.1.1 Branche départ

Par hypothèse, la température de départ de la distribution tracée est égale à la température maximale demandée par les réseaux internes aux groupes. Elle est supposée constante dans toute la branche de départ.

$$\theta_{\text{départ\_prim-e}} = \max(\theta_{\text{2nd-e}}^{\text{ds-e}}) \quad (1753)$$

9.8.3.4.1.2 Branche retour

Dans la réalité, il n'y a pas de branche retour dans un réseau tracé. A la place de l'eau de la branche retour, le générateur reçoit de l'eau froide à la température θ_{cw} , donnée dans le fichier météorologique de la zone climatique.

$$\theta_{\text{retour\_prim-e}} = \theta_{cw}(h) \quad (1754)$$

9.8.3.4.1.3 Température moyenne de la distribution

Dans le cas d'une distribution intergroupe tracée, la température moyenne s'exprime de la manière suivante :

$$\theta_{\text{moy\_prim-e}} = \theta_{\text{départ\_prim-e}} \quad (1755)$$

9.8.3.4.2 Pertes thermiques de la distribution tracée

Les pertes de distribution intergroupe d'ECS sont caractérisées par un coefficient de déperdition thermique (en W/m.K), une longueur de canalisation et un écart de température.

Pour les pertes hors volume chauffé, le coefficient b_{therm} corrige l'écart de température entre le réseau et l'extérieur, dans le cas où la distribution traverse un espace tampon.

$$\begin{aligned}\phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h) &= U_{prim-e} \times L_{vc\_prim-e} \times (\theta_{départ\_prim-e}(h) - \theta_{amb}) \times i_{dencl-e}(j) \\ \phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h) &= \left(U_{prim-e} \times L_{hvc\_prim-e} \times i_{dencl-e}(j) \times \right. \\ &\quad \left. (\theta_{départ\_prim-e} - (\theta_{amb} + b_{therm}(h) \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{amb}))) \right)\end{aligned}\quad (1756)$$

Avec

$$\begin{cases} \theta_{amb} = 20^{\circ}C \\ L_{vc\_prim-e} = L_{vc\_prim-trac-e} \\ L_{hvc\_prim-e} = L_{hvc\_prim-trac-e} \end{cases}\quad (1757)$$

Ces pertes thermiques, compensées par le ruban chauffant, ne sont pas ajoutées aux pertes thermiques des distributions d'eau chaude sanitaire du groupe. Le ruban chauffant est alimenté électriquement et il convient donc de le considérer comme un auxiliaire.

9.8.3.4.3 Consommation électrique des traceurs

La consommation électrique des traceurs (en Wh) compense les pertes de distribution :

$$W_{aux\_prim-e}^{dp-e}(h) = W_{trac\_prim-e}(h) = \phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h) + \phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h) \quad (1758)$$

Et pour chaque groupe,

$$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}(h) = W_{aux\_prim-e}^{dp-e}(h) * Rat_{surfaces\_prim-e}^{gr}(h) \quad (1759)$$

La part de la consommation d'énergie des auxiliaires transmise à l'ambiance (en Wh) se calcule comme suit :

$$\Phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc-e} * W_{aux\_prim-e}^{dp-e}(h) \quad (1760)$$

Conventionnellement, on considèrera que la part de la consommation d'énergie P_{circ_vc-e} est nulle.

9.8.3.4.4 Calcul des besoins d'ECS augmentés des pertes du réseau intergroupe

La demande en énergie (en Wh) du réseau intergroupe tracé est identique à la somme des demandes des réseaux internes aux groupes pour les raisons évoquées ci-dessus :

$$Q_{w\_prim-e} = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h) \quad (1761)$$

9.8.3.5 *En absence de réseau intergroupe (type_réseau_intergroupe-e=0)*

Les températures sont celles en sortie du (ou des) réseau(x) interne(s) au groupe.

$$\begin{aligned}\theta_{départ\_prim-e} &= \max_{ds-e}(\theta_{2nd-e}^{ds-e}) \\ \theta_{retour\_prim-e} &= \theta_{cw}(h) \\ \theta_{moy\_prim-e} &= \theta_{départ\_prim-e}\end{aligned}\tag{1762}$$

Les pertes de distribution intergroupe sont nulles :

$$\begin{aligned}\varphi_{pertes\_vc\_prim-e}(h) &= 0 \\ \varphi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h) &= 0\end{aligned}\tag{1763}$$

Les besoins d'ECS en entrée du réseau intergroupe sont identiques à ceux en sortie du (ou des) réseau(x) du groupe :

$$Q_{w\_prim-e} = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h)\tag{1764}$$

La consommation des auxiliaires de distribution intergroupe d'ECS est nulle.

$$\begin{aligned}W_{aux\_prim-e}^{dp-e} &= W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr} = 0 \\ \Phi_{aux\_vc} &= 0\end{aligned}\tag{1765}$$

9.9 C_STO_Ballon_de_stockage

9.9.1 INTRODUCTION

Un élément central des systèmes de production d'eau chaude à accumulation est le ballon d'eau chaude pouvant comporter un ou plusieurs échangeurs de chaleur, et dont un modèle est décrit ici.

Le modèle comporte quatre zones, chacune supposée à température uniforme.

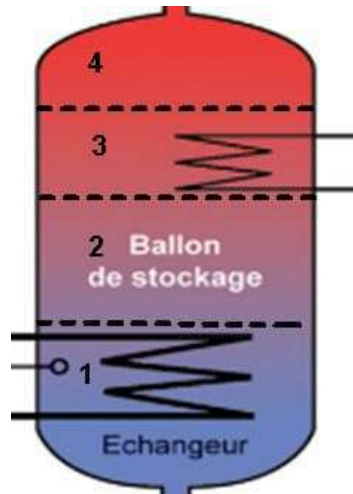


Figure 183 : schéma du ballon à quatre zones

La zone 1 comporte l'arrivée d'eau froide et l'échangeur du générateur de base. La zone 2 comporterait un échangeur raccordé au circuit de chauffage dans le cas d'un système solaire combiné. Dans le cas d'un ballon à appoint intégré, l'échangeur ou la résistance électrique d'appoint se situe généralement dans la zone 3. La zone 4 est celle de la sortie d'eau chaude.

9.9.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 281 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de ballon. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation. L'indice i représente quant à lui l'itération de puisage d'eau dans le ballon en cours, dans la logique d'un puisage itératif.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante (de l'endroit où est le ballon, déterminée au niveau de la génération)	°C			
	$Q_{inj[z]}(h)$ $Q_{prel[z]}(h)$	Quantité d'énergie injectée (>0) ou prélevée (<0) par un échangeur à la zone d'indice z	Wh			
	$Q_{fou,sto,base}(h)$	Quantité d'énergie totale injectée dans le ballon par le générateur de base au pas de temps h	Wh			
	Nb_{iter_vp}	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-			
	$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps h	L			
	$\theta_{entrant,ecs}(h)$	Température de l'eau entrant dans le ballon (piquage retour ECS)	°C			
	$\theta_{entrant,ch}(h)$	Température de l'eau entrant dans le ballon (piquage retour chauffage)	°C			
	$\theta_{injecte,base}(h)$	Température de l'eau injectée par le générateur de base en partie haute du ballon (le cas échéant)	°C			
Ech. interne	$z_{bas,ech}$	Indice de la zone où se situe le bas de l'échangeur interne (le cas échéant)	Ent			
	$z_{haut,ech}$	Indice de la zone où se situe le haut de l'échangeur interne (le cas échéant)	Ent			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	N_{zone}	Nombre de zones dans le ballon	-	0	$+\infty$	4
	V_{tot}	Volume total du ballon	L	0	$+\infty$	-
	V_z	Volume de la zone z du ballon (z de 1 à 4, V_z est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	L	0	V_{tot}	-
	f_{aux}	Fraction effective concernée par l'appoint pour les ballons base+appoint (avec appoint en zone n°3)	-	0	1	-

$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	0	$+\infty$	-
θ_{max}	Température maximale du ballon	°C	0	100	-
Z_{base}	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur de base	-	1	N_{zone}	-
Z_{ap}	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur d'appoint	-	1	N_{zone}	-
$hrel_{ech\_base}$	Hauteur (relative) de l'échangeur du générateur de base à partir du point inférieur de la zone Z_{base} .	-	0	1	-
$hrel_{ech\_ap}$	Hauteur (relative) de l'échangeur du générateur d'appoint à partir du point inférieur de la zone Z_{ap} .	-	0	1	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
id_fou_sto	Indicateur des services assurés par le ballon : 1 : chauffage, 3 : ECS 4 : chauffage et ECS.	Ent	0	4	
$Statut\_UA$	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 0 - Certifiée 1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 2 - Par défaut	-	0	2	-
$Statut\_faux$	Statut de la donnée faux : 1 : valeur à saisir 2 : valeur par défaut	-	1	2	-
$Is\_Principal$	Indicateur précisant si il s'agit du ballon principal ou du ballon d'appoint : 0 : <i>Ballon principal</i> 1 : <i>Ballon d'appoint (secondaire)</i>	Ent	0	1	
$Type_{Raccordement\_Base\_Ballon}$	Type de raccordement du générateur de base au ballon de stockage : 0 : <i>Echangeur en partie basse</i> 1 : <i>Piquages haut et bas</i>	Ent	0	1	
$Z_{inj, ch}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle l'eau en provenance du retour de la distribution de chauffage est injectée	-	1	4	-
$Z_{inj, ecs}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle l'eau froide sanitaire est injectée (ou l'eau en provenance d'un échangeur externe de production ECS, ou encore celle d'un réseau bouclé)	-	1	4	1

$Z_{p,ch}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle le puisage chauffage a lieu (piquage départ)	-	1	4	-
$Z_{p,ecs}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle le puisage ECS a lieu (piquage départ)	-	1	4	4
$Z_{p,base}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle l'eau est prélevée pour être réchauffée par le générateur de base	-	1	4	1
$Z_{inj,base}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle l'eau est injectée après avoir été réchauffée par le générateur de base	-	1	4	4

Sorties

Nom	Description	Unité
V_{zmin}	Volume minimal de zone	m ³
$\theta_{bz}(h)$	Températures des zones du ballon à la fin du pas de temps h	°C
$\phi_{pertes}(h)$	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h	W
$\theta_{b\_moy\_ech}(h)$	Température moyenne du ballon vue par l'échangeur d'un générateur (base ou appoint)	°C

Variables internes

Nom	Description	Unité
U_z	Coefficient de pertes de la zone z du ballon (U_z est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	W/K
$(UA)_{s\_util}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K
$\phi_{pertes,z}$	Pertes thermiques de la zone z du ballon	W
$\theta_{bz}(Nb_{iter\_vp})$	Températures du ballon à la fin de la boucle itérative pour le calcul du volume puisé	°C
$\overline{\theta_{bz}}$	Moyenne temporelle de la température de la zone n°1 du ballon entre la fin du pas de temps précédent et la fin de la boucle de puisage du pas de temps courant	°C
$\theta_{b[z]}(h-1)$	Températures des zones du ballon au pas de temps précédent	°C
Z_{ech}	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-
Z_{max_ech}	Numéro de la zone la plus haute contenant l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-
$hrel_{ech}$	Hauteur relative de l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-
$hrel_{rest}$	Hauteur relative de l'échangeur restante dans la zone Z_{max_ech} du ballon de stockage	-

V_{ap}	Volume de la partie du ballon chauffée par l'appoint (dans le cas où l'appoint est en zone n°3, sinon volume des deux zones supérieures du ballon)	L	
$V_p(h)$	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	m ³	
Nb_{iter_vp}	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-	
a	Numéro de la zone du ballon pour laquelle on compare sa température avec toutes celles des zones qui lui sont supérieures	-	
i	Itération au cours d'un pas de temps h	-	
i_{fin}	Dernière itération du pas de temps h	-	
Q_{pr}	Pertes thermiques du ballon de stockage par défaut sur 24h.	kWh/jour	

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

Tableau 281 : Nomenclature des différentes variables du modèle de ballon

9.9.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

9.9.3.1 Types de ballon

Un ballon est décrit par $N_{zone} = 4$ zones. Une zone est caractérisée par un volume V_z et un coefficient de perte U_z , $z = 1 \dots N_{zone}$. La répartition en volume des zones dépend du type de ballon :

1. Si il n'y a qu'une puissance injectée dans le ballon (ballon base seule par exemple) $V_z = V_{tot}/N_{zone}$
2. S'il y a un système de chauffage d'appoint, on délimite deux zones supérieures de même volume à partir du paramètre f_{aux} : $V_4 = V_3 = f_{aux} \cdot V_{tot}/2 = V_{ap}/2$. Le volume des deux zones inférieures est $V_1 = V_2 = (1 - f_{aux}) \cdot V_{tot}/2$.

La valeur par défaut du f_{aux} (c'est-à-dire si $statut\_faux=2$) est égale à 0,5.

Dans la méthode de calcul Th-BCE, la donnée d'entrée est le coefficient de pertes thermiques du ballon, UA_S [W/K].

Pour les ballons la méthode de calcul offre trois alternatives pour la définition du coefficient UA_S , à partir des pertes selon les cas :

- La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées relatives au produit concerné, voir Tableau 282 et Tableau 283

$$UA_{S\_util} = UA_S \quad (1766)$$

- La saisie de la valeur justifiée, augmentée de 10%, par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes harmonisées relatives au produit concerné, voir Tableau 282 et Tableau 283,

$$UA_{S\_util} = 1,1 \times UA_S \quad (1767)$$

- Par défaut, les valeurs indiquées dans le Tableau 282 et dans le Tableau 283 sont retenues selon le type de ballon.

Nature du ballon	Valeurs par défaut pertes : Qpr [kWh/jour]	Normes de détermination des pertes des ballons
ballon ECS effet Joule		
horizontal	$Qpr = 0,939 + 0,0104 V_{tot}$	NF EN 60379
vertical de volume supérieur ou égal à 75 l	$Qpr = 0,224 + 0,0663 V_{tot}^{2/3}$	
vertical de volume inférieur à 75 l	$Qpr = 0,1474 + 0,0719 V_{tot}^{2/3}$	
autres ballons	$Qpr = 0,189 \cdot V_{tot}^{0,55}$	NF EN 15332

Tableau 282 : Valeurs par défaut et normes de détermination des pertes des ballons

Avec

$$UA_{s\_util} = Q_{pr} * \frac{1000}{45 * 24} \quad (1768)$$

Nature du ballon	Valeur par défaut coefficient de pertes thermiques UA [W/K]	Normes de détermination des pertes des ballons
Ballon solaire	$UA_{s\_util} = 0,16 V_{tot}^{0,5}$	EN 12977-3

Tableau 283 : Valeurs par défaut et normes de détermination des pertes des ballons

Le coefficient de pertes du ballon est réparti proportionnellement entre les zones

$$U_z = UA_{s\_util} * \frac{V_z}{V_{tot}} \quad (1769)$$

9.9.3.2 Calcul des températures de chaque zone

Les algorithmes du ballon s'organisent en trois étapes :

1. Calcul des apports et des pertes pour chaque zone avec les températures de la fin du pas de temps précédent ;
2. Calcul des températures de chaque zone après puisage et application des apports et des pertes ;
3. Mélange éventuel de zones si la température d'une zone devient supérieure à celle de la zone au-dessus.

Selon les modes de production d'ECS, chacune de ces trois étapes peut être répétée plusieurs fois.

9.9.3.2.1 Calcul des apports et des pertes

Ces calculs interviennent au début du pas de temps.

Apports (ou prélèvements)

Les apports sont les énergies injectées (ou prélevées) par des échangeurs hydrauliques ou des résistances électriques. Ces apports peuvent être positifs ou négatifs. Suivant les cas, un ballon peut être associé à une boucle solaire, une boucle de chauffage, etc. ...

Chaque zone du ballon z peut-être connectée à un échangeur et recevoir une énergie $Q_{i,z}$.

Pertes

Les pertes sont les pertes thermiques du ballon vers l'air ambiant. Les pertes de la zone z sont données par l'équation :

$$\Phi_{pertes,z}(h) = U_z * (\theta_{bz}(h - 1) - \theta_{amb}(h)) \quad (1770)$$

Les pertes du ballon sont la somme des pertes des zones. Elles seront récupérables si la génération à laquelle le ballon appartient est en volume chauffé.

$$\Phi_{pertes}(h) = \sum_z \Phi_{pertes,z}(h) \quad (1771)$$

Note : au premier pas de temps de la simulation, nous prendrons $\theta_{bz}(h - 1) = 50^\circ\text{C}$.

9.9.3.2.2 Boucle itérative de puisage (prélèvement d'énergie stockée)

Pour calculer l'impact d'un puisage d'eau chaude ou d'un prélèvement d'énergie stockée sur les températures dans le ballon, on utilise une boucle itérative à l'intérieur du pas de temps h . Cette boucle est nécessaire pour calculer la totalité du volume puisé dans le ballon en tenant compte de l'évolution des températures de chaque zone du ballon due à l'effet piston.

Dans le cas d'un ballon exploité à la fois pour l'ECS et pour le chauffage, on applique deux boucles itératives successives : d'abord celle relative au puisage ou prélèvement d'énergie stockée pour l'ECS, puis celle relative au prélèvement d'énergie stockée pour le chauffage.

Le principe de la boucle itérative et sa structure sont décrits dans la fiche C_STO_gestion_régulation_ballon.

A l'issue de chaque itération, on calcule les températures des différentes zones du ballon, en appliquant les paragraphes suivants :

9.9.3.2.2.1 Impact du prélèvement d'énergie stockée au cours de l'itération i sur les températures

Cas d'un puisage direct ou au travers d'un échangeur externe au ballon

Dans ce cas, le puisage peut être représenté par un effet piston, qui fait monter les volumes d'eau proportionnellement au volume puisé.

L'eau prélevée dans l'une des zones supérieures, dont le numéro est noté z_p . Ce numéro de zone peut être différent pour le service ECS et le service chauffage, on distingue donc deux paramètres : $z_{p,ecs}$ et $z_{p,ch}$.

De même, en compensation de l'eau prélevée, un volume équivalent d'eau est injecté dans une zone de retour de piquage ou d'entrée d'eau froide. Les numéros des zones où sont injectés ces volumes pour l'ECS et le chauffage sont notés $z_{inj,ecs}$ et $z_{inj,ch}$.

Conventionnellement, pour la production ECS, le puisage a lieu dans la zone supérieure et l'injection dans la zone basse :

$$\begin{aligned} z_{p,ecs} &= 4 \\ z_{inj,ecs} &= 1 \end{aligned} \quad (1772)$$

Pour le chauffage, le paramétrage de $z_{p,ch}$ et $z_{inj,ch}$ est modifiable. Néanmoins, la contrainte suivante doit être respectée : $z_{p,ch} \geq z_{inj,ch}$. Si elle ne l'est pas, le message d'erreur suivant est lancé :

« *Ballon de stockage : l'indice de la zone de piquage départ $z_{p,ch}$ ne peut pas être inférieur à l'indice de la zone de piqua retour $z_{inj,ch}$. La saisie doit être modifiée.* »

Après un puisage ou un prélèvement d'énergie, la zone d'indice z_{inj} contient un mélange d'eau à la température de la zone à l'itération $i - 1$ et d'eau à la température d'eau entrante. D'où :

$$\theta_{bz,inj}(i) = \frac{\theta_{bz,inj}(i-1) \cdot (V_{z,inj} - V_p) + \theta_{entrant}(h) \cdot V_p}{V_{z,inj}} \quad (1773)$$

Dans le cas d'un puisage équivalent pour le chauffage, $\theta_{entrant}(h)$ est prise égale à $\theta_{entrant,ch}(h)$. Dans le cas d'un puisage ECS, $\theta_{entrant}(h)$ dépend de la possible présence de récupérateurs de chaleur sur les eaux grises :

Si $I_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (pas de système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent)

Dans ce cas, la température entrante ne change pas, $\theta_{entrant}(h)$ est prise égale à $\theta_{entrant,ecs}(h)$.

Si $I_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent)

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et de l'alimentation d'eau froid) ou $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont de l'alimentation d'eau froid), l'eau froide arrivant au ballon d'eau chaude a été préalablement préchauffée :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{prechauffee,ecs}(h) \quad (1774)$$

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs), le préchauffage de l'eau froide ayant eu lieu uniquement au niveau des mitigeurs, l'eau froide arrivant au ballon d'eau chaude n'est pas impactée :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{entrant,ecs}(h) \quad (1775)$$

Chaque zone d'indice z compris entre $z_{inj} + 1$ et z_p contient un mélange du volume puisé à la température de la zone inférieure avec le reste de la zone. Cet effet est exprimé comme ci-dessous :

$$\theta_{bz}(i) = \frac{\theta_{bz}(i-1) \cdot (V_z - V_p) + \theta_{b(z-1)}(i-1) \cdot V_p}{V_z} \quad (1776)$$

Cas d'un échangeur interne au ballon (serpentin)

Dans ce cas de figure, le prélèvement d'énergie se fait sous la forme d'un transfert de chaleur entre une ou plusieurs des zones du ballon et l'échangeur interne qui la ou les traversent.

Pour chaque zone d'indice z compris entre $z_{bas,ech}$ et $z_{haut,ech}$:

$$\theta_{b[z]}(i) = \theta_{b[z]}(i-1) - \frac{Q_{prel[z]}(i)}{\frac{1}{3600} \cdot V_{[z]} \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1777)$$

Où $Q_{prel[z]}(i)$ représente la quantité d'énergie prélevée à la zone z par l'échangeur interne, calculée selon la fiche $C\_STO\_echangeur\_ballon$.

9.9.3.2.2.2 Mélange de zones en cas d'inversion de température

Si une zone z est plus chaude que la zone supérieure ($z + 1$), les deux zones se mélangent. L'algorithme compare la température de la zone a à toutes celles des zones qui lui sont supérieures.

Initialisation : $a = 1$

Tant que le ballon ne respecte pas cette condition $\theta_{ba}(i) \leq \theta_{b(a+1)}(i) \leq \theta_{b(a+2)}(i) \leq \theta_{b(a+3)}(i)$

si $\theta_{ba}(i) > \theta_{b(a+1)}(i)$ et $a + 1 \leq N_{zones}$ (1778)

si $\frac{\sum_{j=a}^{a+1} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+1} V_j} > \theta_{b(a+2)}(i)$ et $a + 2 \leq N_{zones}$

si $\frac{\sum_{j=a}^{a+2} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+2} V_j} > \theta_{b(a+3)}(i)$ et $a + 3 \leq N_{zones}$

$$\begin{cases} \theta_{ba}(i) = \theta_{b(a+1)}(i) = \theta_{b(a+2)}(i) = \theta_{b(a+3)}(i) = \frac{\sum_{j=a}^{a+3} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+3} V_j} \\ \text{puis } a = 1 \end{cases}$$

$$\text{sinon} \begin{cases} \theta_{ba}(i) = \theta_{b(a+1)}(i) = \theta_{b(a+2)}(i) = \frac{\sum_{j=a}^{a+2} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+2} V_j} \\ \text{puis } a = 1 \end{cases}$$

$$\text{sinon} \begin{cases} \theta_{ba}(i) = \theta_{b(a+1)}(i) = \frac{\sum_{j=a}^{a+1} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+1} V_j} \\ \text{puis } a = 1 \end{cases}$$

$$\text{sinon } a = a + 1$$

où les températures $\theta_{ba}(i)$ viennent de l'équation (1776).

On peut avoir des mélanges de 2, 3, ... ou N zones selon les températures et volumes respectifs des zones, avec une limitation des températures de chaque zone à la température maximale du ballon.

Pour $z = 1..N_{zone}$

$$\theta_{bz}(i) = \min(\theta_{bz}(i), \theta_{max}) \quad (1779)$$

La boucle itérative se termine ici. A la dernière itération de cette boucle, tout le volume est puisé dans le ballon, le champ des températures du ballon après puisage ($\theta_{bz}(Nb_{iter\_vp})$) est connu.

9.9.3.2.3 Alerte sur le report d'énergie à l'issue du puisage

A l'issue de la boucle itérative de puisage, le nombre d'heures pendant lequel l'énergie reportée est non nulle s'exprime de la façon suivante :

Initialisation : $nbh_{report\_e} = 0$

Si $Q_{w\_sto\_unit\_report\_e}(h) \neq 0$

$$nbh_{report\_e}(h) = nbh_{report\_e}(h - 1) + 1 \quad (1780)$$

Sinon

$$nbh_{report\_e}(h) = nbh_{report\_e}(h - 1)$$

Si ce nombre dépasse 24, le moteur de calcul affichera une alerte.

9.9.3.2.4 Calcul de la température moyenne vue par un échangeur de charge (générateur de base ou d'appoint)

L'échangeur hydraulique du générateur de base et/ou du générateur d'appoint peut couvrir plusieurs zones du ballon. Sa hauteur est déterminée à partir du point le plus « bas » de la zone z_{base} pour l'échangeur du générateur de base et z_{ap} pour le générateur d'appoint. Quelle que soit la hauteur de l'échangeur, l'énergie est supposée être transférée au ballon dans cette même zone.

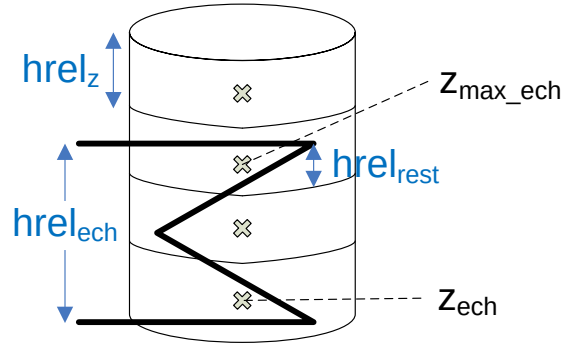
Autrement dit, la prise en compte de la hauteur de l'échangeur n'a d'impact que sur la température du ballon vue par l'échangeur (le condenseur pour les ballons thermodynamiques). Cette température se calcule de la manière suivante :

Si le générateur est la base $\begin{cases} z_{ech} = z_{base} \\ hrel_{ech} = hrel_{ech\_base} \end{cases}$,

S'il est l'appoint, $\begin{cases} z_{ech} = z_{ap} \\ hrel_{ech} = hrel_{ech\_ap} \end{cases}$.

Initialisation : $z_{max\_ech} = 0$ et $hrel_{rest} = 0$

où z_{max_ech} est la zone du ballon la plus haute « vue » par l'échangeur ; $hrel_{rest}$ la hauteur relative restante dans la zone z_{max_ech} .
Et, pour tout $z \in [1, N_{zones}]$, $hrel_z = \frac{v_z}{v_{tot}}$



Calculs de z_{max_ech} et $hrel_{rest}$

Si $hrel_{ech} = 0$ (l'échangeur n'appartient qu'à une seule zone c'est-à-dire $hrel_{ech} \leq hrel_{(z_{ech})}$) (1781)

$$\begin{cases} z_{max\_ech} = z_{ech} \\ hrel_{rest} = hrel_{ech} \end{cases}$$

Sinon $hrel_{ech} \neq 0$

pour $j = [1, N_{zones} - z_{ech}]$

- si $hrel_{ech} \leq \sum_{z=z_{ech}}^{z_{ech}+j} hrel_z$

$$\begin{cases} z_{max\_ech} = z_{ech} + j \\ hrel_{rest} = hrel_{ech} - \sum_{z=z_{ech}}^{z_{max\_ech}-1} hrel_z \end{cases}$$

Sortie de la boucle

- sinon

si $j < N_{zones} - z_{ech}$ alors $j \leftarrow j + 1$. Sinon, il y a une erreur : la hauteur de l'échangeur est trop élevée. (1782)

Calcul de la température moyenne vue par l'échangeur

Si $hrel_{ech} = 0$ (1783)

$$\theta_{b\_moy\_ech}(h) = \overline{\theta_{b(z_{ech})}}$$

Sinon $hrel_{ech} \neq 0$ (1784)

$$\theta_{b\_moy\_ech}(h) = \frac{\left(\sum_{z=z_{ech}}^{z_{max\_ech}-1} hrel_z \cdot \overline{\theta_{bz}} + hrel_{rest} \cdot \overline{\theta_{b(z_{max\_ech})}} \right)}{hrel_{ech}}$$

Où $\overline{\theta_{bz}}$ est la moyenne temporelle des températures de la zone z au pas de temps précédent et après le puisage éventuel du pas de temps courant (c'est-à-dire après la boucle itérative pour le volume puisé et l'éventuel soutirage de chaleur pour le chauffage, mais avant l'injection de puissances).

$$\overline{\theta_{bz}} = \frac{(\theta_{bz}(h-1) + \theta_{bz}(i-1))}{2} \quad (1785)$$

9.9.3.2.5 Calcul des températures finales du ballon après puisage, avec apports et pertes

L'algorithme décrit dans le paragraphe ci-dessous intervient à l'issue de la boucle itérative de puisage. Il conclut le calcul des températures des différentes zones du ballon de stockage à l'issue du pas de temps en cours.

Même si elles n'appartiennent pas à la boucle itérative de puisage, les équations de ce paragraphe peuvent être utilisées plusieurs fois au cours d'un pas de temps (exemple des ballons base+appoint). Pour simplifier l'écriture, la même notation i , désignant une itération au cours d'un pas de temps, sera utilisée.

9.9.3.2.5.1 Cas d'un apport de chaleur par échangeur intégré au ballon

Dans le cas d'un apport de chaleur par un échangeur intégré au ballon, un flux $Q_{inj,z}$ est calculé pour chacune des zones du ballon. La température de chacune des zones est la résultante de ce flux et des pertes thermiques calculées précédemment au cours du pas de temps :

Pour $i \geq Nb_{iter\_vp}+1$

$$\theta_{bz}(i) = \theta_{bz}(i-1) + \frac{(Q_{inj,z} - \phi_{pertes,z})}{\rho_w c_w V_z} \quad (1786)$$

Note : Pour ne pas prendre en compte plusieurs fois les pertes thermiques du ballon, dans certains cas les pertes $\phi_{pertes,z}$ pourront être mises à zéro dans l'équation ci-dessus. Cette hypothèse est précisée, le cas échéant, dans les fiches d'assemblages concernées.

9.9.3.2.5.2 Cas d'un apport de chaleur par piquage en partie haute du ballon (Type_Raccordement_Base = 1 : piquages haut et bas)

Ce cas de figure n'est applicable que si l'assemblage dans lequel est inclut le ballon n'est pas de type Base et appoint intégré (Type_{prod_stockage} différent de 2). En effet, l'algorithme ne s'applique que si l'ensemble des zones du ballon possède le même volume.

On commence par appliquer les pertes thermiques aux différentes zones du ballon avec l'équation (1786) (sans prise en compte de flux $Q_{int,z}$, donc).

Vient ensuite le calcul du volume d'eau injecté en partie haute correspondant à la quantité d'énergie fournie au ballon par le générateur de base, $Q_{fou,sto,base}(h)$:

$$v_{inj} = \frac{Q_{fou,sto,base}(h)}{\frac{1}{3600} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{injecte,base}(h) - \theta_{b[z_{p,base}]}(i-1))} \quad (1787)$$

$\theta_{injecte,base}(h)$ représente la température de l'eau injectée dans le ballon après être réchauffée par la base ; $\theta_{b[z_{p,base}]}(i-1)$ est quant à elle la température de l'eau prélevée dans le ballon avant avoir été réchauffée. Conventionnellement, il s'agit de la température de la zone la plus basse $z_{p,base}$.

A ce stade, on applique une procédure itérative pour calculer les températures des différentes zones, en partant de celle du haut. L'effet piston associé à la circulation d'eau entre les piquages haut et bas affecte l'ensemble des zones du ballon.

Soient :

- i l'indice entier marquant chaque itération de la boucle (i-1 représentant l'indice de l'étape précédente dans le calcul des températures).
- les indices entiers n et k initialisés à la valeur N_{zone} ,
- la quantité d'énergie $Q_{disponible}$ initialisée à $Q_{disponible} = Q_{fou,sto,base}(h)$:

Tant que $v_{inj} \geq V[n]$ (tant que le volume injecté est supérieur au volume de la zone n) :

$\theta_{b[n]}(i) = \theta_{injecte,base}(h)$ (la zone n est remplie d'eau à la température injectée)

k = n-1

Tant que k > 0 :

$\theta_{b[k]}(i) = \theta_{b[k+1]}(i-1)$

k = k -1

Fin « Tant que k > 0 »

Si $\theta_{b[z_{p,base}]}(i) < \theta_{injecte,base}(h)$, alors:

$v_{inj} = v_{inj} - V[n]$

n = n - 1

Sinon,

$v_{inj} = 0$

La boucle « Tant que $v_{inj} \geq V[n]$ » est arrêtée.

On passe ensuite à l'itération suivante du calcul des températures de ballon. On conserve les températures obtenues à l'issue de cette itération.

Pour chaque zone d'indice z : $\theta_{b[z]}(i-1) = \theta_{b[z]}(i)$

Fin « Tant que k > 0 »

Pour finir, on réalise une dernière itération pour prendre en compte le volume injecté restant (inférieur au volume de zone) :

k = n

Si k ≥ 0, alors :

$$\theta_{b[k]}(i) = \frac{v_{inj} \cdot \theta_{injecte,base}(h) + (V[k] - v_{inj}) \cdot \theta_{b[k]}(i-1)}{V[k]}$$

k = k -1

(1789)

Tant que k ≥ 0 :

$$\theta_{b[k]}(i) = \frac{v_{inj} \cdot \theta_{b[k+1]}(i-1) + (V[k] - v_{inj}) \cdot \theta_{b[k]}(i-1)}{V[k]}$$

k = k -1

Fin « Tant que k > 0 »

9.9.3.2.5.3 *Mélange de zones en cas d'inversion de température*

Les commentaires et équations sont identiques à ceux du paragraphe 9.9.3.2.2.2.

9.9.3.2.6 Température à la fin du pas de temps h

Les températures du pas de temps h sont celles de la dernière itération réalisée au cours de ce pas de temps.

$$\theta_{bz}(h) = \theta_{bz}(i_{fin}) \quad (1790)$$

9.10 C_STO_gestion_régulation_ballon

9.10.1 INTRODUCTION

La gestion-régulation du ballon de stockage regroupe l'ensemble des algorithmes de calcul du volume à puiser dans le ballon au pas de temps h , ainsi que les conditions d'enclenchement et la quantité d'énergie à fournir par les générateurs connectés au ballon.

Pour produire de l'eau chaude, un ballon de stockage peut posséder une ou deux source(s) de chaleur. Dans le premier cas, l'unique source de chaleur est appelée base, dans le second cas la base sera la source de chaleur prioritaire.

En tenant compte des paramètres de gestion-régulation du thermostat, nous calculons l'énergie requise au niveau du générateur de base ou d'appoint pour couvrir les besoins d'ECS et/ou de chauffage et compenser les pertes thermiques du ballon.

9.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 284 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
h_{leg}	Heure légale au pas de temps h .	h
$\theta_{b[z]}(i)$	Température des zones z du ballon à l'itération de calcul en cours	$^{\circ}C$
$\theta_{b[z]}(h-1)$ $\theta_{b[z]}(h-2)$	Températures des zones z du ballon au pas de temps $h-1$ et $h-2$	$^{\circ}C$
$V_p(h)$	Volume puisé pendant le pas de temps h	l
$\phi_{pertes,z}(h)$	Pertes thermique des différentes zones du ballon au pas de temps h	W
$Q_{w\_sto\_unit}(h)$	Quantité d'énergie à fournir par le ballon	Wh
$Q_{w\_sto\_unit\_report}(h)$	Quantité d'énergie non assurée au pas de temps $h-1$, reportée au pas de temps courant	Wh
$\theta_{entrant,ECS}(h)$	Température moyenne entrant dans le ballon au niveau du piquage retour d'ECS au pas de temps h	$^{\circ}C$
$\theta_{entrant,ch}(h)$	Température moyenne entrant dans le ballon au niveau du piquage retour du chauffage au pas de temps h	$^{\circ}C$
$\theta_{depart,aval,ECS}(h)$	Température départ de consigne de la distribution ECS au pas de temps h	$^{\circ}C$
$\theta_{depart,aval,ch}(h)$	Température départ de consigne de la distribution de chauffage au pas de temps h	$^{\circ}C$
$qv\_boucle,ecs(h)$	Débit d'eau du réseau bouclé ECS au pas de temps h (le cas échéant)	m^3/h
$V_{ef\_ecs}(h)$	Volume total d'eau chaude non-mitigée puisé au pas de temps h	m^3
$qv\_ch(h)$	Débit d'eau total dans le réseau de distribution de chauffage au pas de temps h	m^3/h

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$type_{gest\_base/ap}$	Type de programmation du thermostat de base (de l'appoint) du ballon de stockage				
	0. <i>Fonctionnement permanent</i>	-	0	2	-
	1. <i>De nuit seulement</i>				
	2. <i>De jour seulement</i>				

$IS_{solaire\_base}$	Booléen précisant si le générateur de base est une boucle solaire thermique	bool	Faux	Vrai	
V_{tot}	Volume total du ballon principal	L	0	$+\infty$	-
f_{aux}	Fraction effective concernée par l'appoint dans le cas d'un ballon base+appoint	-	0	1	-
$V_{(z\_reg\_base/ap)}$	Volume de la zone du ballon où se situe le système de régulation de la base ou de l'appoint	L	0	$+\infty$	-
V_z	Volume des zones du ballon (z allant de 1 à 4)	L	0	$+\infty$	-
N_{zone}	Nombre de zones dans le ballon	-	0	$+\infty$	4
Nb_{iter_vp}	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-	0	$+\infty$	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\theta_{c\_base/ap}$	Température de consigne de la partie du ballon gérée par la base (par l'appoint)	°C	0	110	55
$\Delta\theta_{base/ap}$	Hystérésis du système de régulation de la base de l'appoint	K	0	20	-
$Z_{base/ap}$	Numéro de la zone du ballon la plus base contenant l'échangeur du générateur de base (d'appoint)	-	1	4	
$Z_{reg\_base/ap}$	Numéro de la zone du ballon qui contient la mesure de température utilisée pour la régulation de la base (de l'appoint)	-	1	4	
$Z_{p,ch}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle le puisage chauffage a lieu (piquage départ)	-	1	4	
$Z_{p,ecs}$	Numéro de la zone du ballon dans laquelle le puisage ECS a lieu (piquage départ)	-	1	4	4
$Statut\_ \Delta\theta_{base/ap}$	Statut de la saisie de l'hystérésis : 1 : valeur à saisir 2 : valeur par défaut	-	1	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{req\_sto\_base/ap}(h)$	Energie requise à fournir à l'élément de stockage par le générateur de base	Wh
$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps h	L
$i_{active,base}(h)$	Indicateur d'activation de la base par la régulation	Bool

$i_{active,ap}(h)$	Indicateur d'activation de l'appoint par la régulation	Bool	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
$f_{p\_base/ap}$	Autorisation de fonctionnement de la base ou de l'appoint selon la programmation (1 autorisé, 0 coupé)	-	
V_{ap}	Volume de la partie du ballon chauffée par l'appoint	L	
i	Numéro de l'itération en cours	-	
$icons\_atteinte(h)$	Indicateur d'activation de l'appoint par la régulation du ballon	Bool	
P_{PAC}	Puissance de pompe à chaleur moyenne au pas de temps précédent calculée sur la base de la remontée en température sur l'heure précédente	W	
$Q_{requis}(h)$	Quantité d'énergie Qrequis à fournir au ballon de stockage sur l'ensemble de la période nuit	Wh	
$Q_{disponible}(h)$	Quantité totale d'énergie que pourrait fournir la pompe à chaleur seule, si la pente de remontée en température restait la même que celle calculée sur toute la nuit.	Wh	
$N_{hrestant}(h)$	Nombre d'heure restant avant la fin de la période nuit	h	
$\theta_{cons,sortie}(i)$	Température de consigne au niveau du départ de la distribution d'eau	°C	
$\theta_{entrant}(i)$	Température de l'eau entrant dans le ballon par le piquage retour	°C	
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon au début de l'itération i	Wh	
$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Energie non assurée à l'itération $i-1$, reportée à l'itération courant	Wh	
$V_p(i)$	Volume puisé pendant l'itération i	L	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg .K)	1,163

Tableau 284 : Nomenclature des différentes variables du modèle

9.10.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La gestion-régulation du ballon de stockage regroupe l'ensemble des algorithmes de calcul du volume à puiser dans le ballon au pas de temps h , ainsi que les conditions d'enclenchement et la quantité d'énergie à fournir par les générateurs connectés au ballon.

9.10.3.1 *Prise en compte du volume puisé par une boucle itérative*

Le présent algorithme détermine le volume à puiser dans le ballon de stockage au pas de temps h au travers d'une boucle itérative. Cette boucle est nécessaire pour calculer la totalité du volume puisé dans le ballon en tenant compte de l'évolution des températures de chaque zone du ballon due à l'effet piston.

Le calcul du volume puisé à partir de la demande d'énergie utilise la température de la zone supérieure du ballon θ_{bz} (au pas de temps précédent). Par conséquent, chaque zone pouvant avoir une température différente, le volume puisé ne peut excéder le volume de la plus petite zone du ballon.

Pour remédier à cela, le volume puisé total du pas de temps h est calculé au cours de plusieurs itérations i , avec les hypothèses suivantes :

- le nombre d'itérations Nb_{iter_vp} dépend du f_{aux} ;
- le volume puisé, l'énergie reportée et les températures du ballon (V_p , $Q_{w\_sto\_unit\_report}$, θ_{bz}) sont calculés à chaque itération ;
- si l'énergie reportée est nulle, la boucle itérative s'arrête ;
- ni les pertes ni les puissances injectées dans le ballon ne seront comptabilisées avant la dernière itération de la boucle ;
- la chronologie des événements est expliquée ci-dessous :

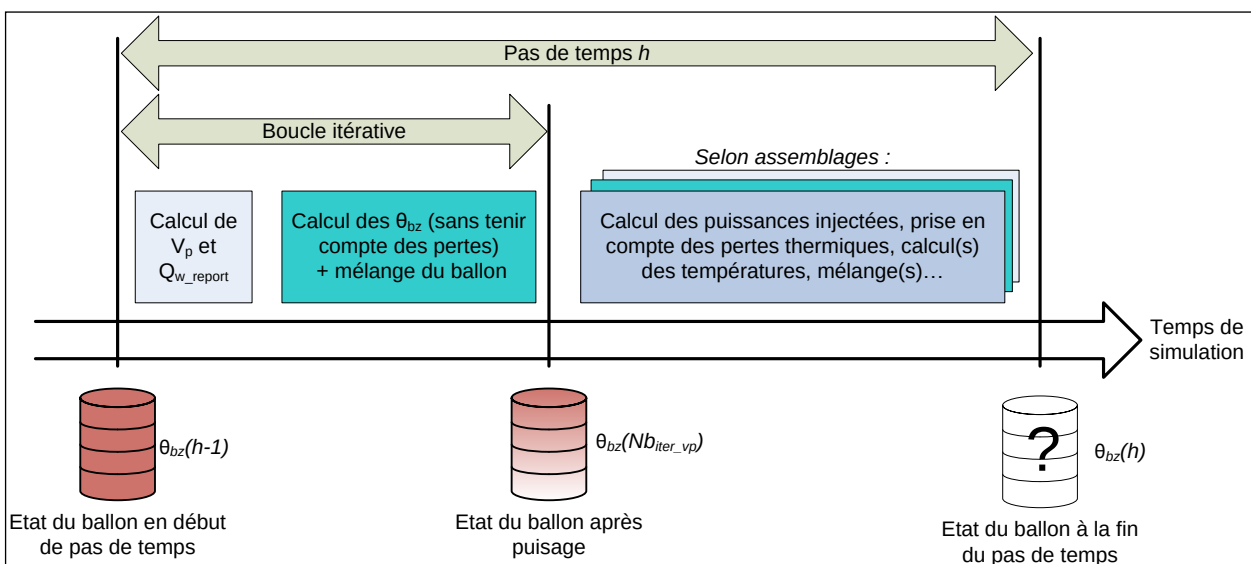


Figure 184 : étapes de calcul de la modélisation d'un ballon de stockage d'eau chaude

9.10.3.1.1 Calcul du volume puisé par boucle itérative dans le cas de piquage direct (sans échangeur intermédiaire) : cas général

Ce paragraphe s'applique lorsque le ballon est connecté au réseau de distribution directement au travers de piquage communiquant avec le volume d'eau stocké, sans échangeur externe intermédiaire.

Les paramètres utilisés dans la boucle itérative à dépendent du poste que l'on traite.

Si la boucle itérative est appelée lors du puisage ECS :

$$\begin{aligned} z_p(i) &= z_{p,ecs} \\ \theta_{entrant}(i) &= \theta_{entrant,ecs}(h) \\ \theta_{cons,sortie}(i) &= \theta_{depart,aval,ecs}(h) \end{aligned} \quad (1791)$$

$z_{p,ecs}$ est fixé conventionnellement à 4 (le puisage s'effectue toujours dans la zone supérieure du ballon).

Sinon, lorsqu'elle est appelée lors du puisage équivalent en chauffage :

$$\begin{aligned} z_p(i) &= z_{p,ch} \\ \theta_{entrant}(i) &= \theta_{entrant,ch}(h) \\ \theta_{cons,sortie}(i) &= \theta_{depart,aval,ch}(h) \end{aligned} \quad (1792)$$

$z_{p,ch}$ est défini en paramètre en fonction de la position du piquage départ de chauffage.

Le volume puisé est calculé à partir de la température de la zone d'indice z_p du ballon de l'itération précédente et ne peut excéder, à chaque itération, le volume de la plus petite zone du ballon de stockage.

Au préalable, on pose :

A la première itération ($i=1$),

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(h) \quad (1793)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante :

Si $\theta_{b,zp}(h-1) > \theta_{cons,sortie}(i)$, alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1794)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))$$

sinon

$$V_p(i) = 0 \quad (1795)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

A l'issue de l'itération i , un recalcul des températures du ballon de stockage est réalisé selon les modalités de la fiche C_STO_Ballon_de_stockage.

Ensuite, la boucle itérative continue tant que $1 < i \leq Nb_{iter\_vp}$ et $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) \neq 0$:

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit\_report}(i - 1) \quad (1796)$$

De même que précédemment :

Si $\theta_{b,zp}(i-1) > \theta_{cons,sortie}(i)$, alors,

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1797)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))$$

sinon

$$V_p(i) = 0 \quad (1798)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

A l'issue de l'itération i , un recalcul des températures du ballon de stockage est réalisé selon les modalités de la fiche C_STO_Ballon_de_stockage.

A l'issue de la boucle itérative, la dernière valeur de l'énergie $Q_{w\_sto\_unit\_report}(Nb_{iter\_vp})$ sera reportée au pas de temps suivant.

Le volume total puisé dans le ballon au pas de temps courant est noté de la manière suivante :

$$V_p(h) = \sum_{i=1}^{Nb_{iter\_vp}} V_p(i) \quad (1799)$$

9.10.3.1.2 Calcul du volume puisé par boucle itérative dans le cas de piquage direct : cas particulier des assemblages à appoint séparé instantané

Dans les assemblages de ballon à appoint séparé instantané, le volume puisé est calculé de manière légèrement différente par rapport aux autres assemblages. Les calculs de la fiche « gestion-régulation base du ballon » sont à remplacer par les algorithmes suivants.

Le calcul des variables $z_p(i)$, $\theta_{entrant}(i)$ et $\theta_{cons,sortie}(i)$ est réalisé selon les équations (1791) et (1792), en fonction de la nature du service (chauffage ou ECS) concerné par la boucle itérative.

A la première itération ($i=1$), on pose

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(h) \quad (1800)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante.

Si $\theta_{b,zp}(h-1) \geq \theta_{cons,sortie}(i)$, alors,

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1801)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))$$

Sinon, si $\theta_{b,zp}(h-1) > \theta_{entrant}(h)$, alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{cons,sortie}(h) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1802)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))$$

A l'issue de ces calculs, la boucle itérative est interrompue.

Sinon,

$$V_p(i) = 0 \quad (1803)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

A l'issue de l'itération i, un recalcul des températures du ballon de stockage est réalisé selon les modalités de la fiche C_STO_Ballon de stockage.

La boucle itérative continue tant que $(1 < i \leq Nb_{iter\_vp}$ et $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) \neq 0$)

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit\_report}(i-1) \quad (1804)$$

De même que précédemment,

Si $\theta_{b,zp}(i-1) \geq \theta_{cons,sortie}(i)$, alors,

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1805)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))$$

Sinon, si $\theta_{b,zp}(i-1) > \theta_{entrant}(h)$, alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{cons,sortie}(h) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1806)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))$$

A l'issue de ces deux calculs, la boucle itérative est interrompue.

Sinon,

$$V_p(i) = 0 \quad (1807)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

A l'issue de l'itération i, un recalcul des températures du ballon de stockage est réalisé selon les modalités de la fiche C_STO_Ballon_de_stockage.

Pour une température de la zone de puisage ($\theta_{b,zp}$) inférieure à la température attendue par les réseaux intergroupes ($\theta_{cons,sortie}$), le volume puisé ne dépend pas de la température du ballon puisqu'il est calculé avec un écart de température constant. De ce fait, l'appoint est nécessaire.

Dans le cas contraire, le ballon peut assurer seul la demande d'énergie. L'appoint ne fonctionne pas.

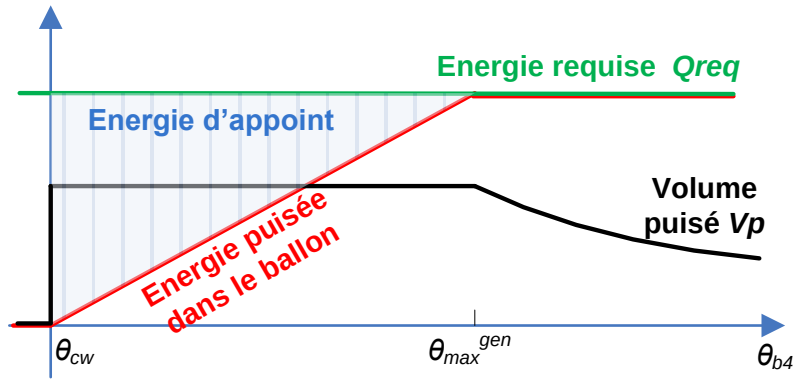


Figure 185 : logique de puisage dans le ballon dans le cas d'un générateur d'appoint séparé

9.10.3.1.3 Calcul du volume puisé par boucle itérative dans le cas d'un échangeur externe ou interne de séparation avec le réseau de distribution

En présence d'un échangeur externe côté distribution (à plaques) ou interne au ballon (serpentin, double-peau), le volume puisé dans le ballon à chaque itération $V_p(i)$ ainsi que la quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$ sont calculées conformément à la fiche C_STO_échangeur_ballon.

Pour cela, à chaque itération, on communique à cette fiche les variables $\theta_{b[z]}(i)$, $Q_{w\_sto\_unit}(i)$, $qv_{aval}(h)$ et les températures $\theta_{entrant}/\theta_{depart,aval}$ selon le poste en cours de traitement (voir équations (1791) et (1792)).

Pour un échangeur externe ou interne de chauffage, le débit au secondaire est pris égal au débit d'eau total circulant dans les réseaux de distribution au pas de temps $qv_{ch}(h)$.

$$qv_{aval}(h) = qv_{ch}(h) \quad (1808)$$

Pour un échangeur externe ou interne de production ECS, le débit au secondaire est pris égal au débit d'eau des réseaux bouclés d'ECS, $qv_{boucle,ECS}(h)$, plus 12 fois le volume d'eau chaude non-mitigée puisée total pour la génération $V_{ef\_ECS}(h)$. Cela revient à considérer que le puisage intervient sur une période d'une durée de 5 minutes (1/12^{ème} d'heure) au cours du pas de temps h :

$$qv_{aval}(h) = qv_{boucle,ecs}(h) + 12 \cdot V_{efECS}(h) \quad (1809)$$

Lorsque la quantité d'énergie à prélever au pas de temps précédent a été reportée au pas de temps h , il se peut que le besoin en énergie $Q_{w\_sto\_unit}(h)$ soit non-nul, mais que le débit d'eau de distribution $qv_{aval}(h)$ soit nul.

Si cela survient en chauffage, les valeurs de $qv_{ch}(h)$, $\theta_{entrant,ch}(h)$ et $\theta_{depart,aval,ch}(h)$ du dernier pas de temps où $qv_{ch}(h)$ était non-nul sont conservées et utilisées.

Si cela survient en production ECS, les valeurs de $qv_{boucle,ecs}(h)$, $V_{ef,ecs}(h)$, $\theta_{entrant,ecs}(h)$ et $\theta_{depart,aval,ecs}(h)$ du dernier pas de temps où $qv_{boucle,ecs}(h)$ ou $V_{ef,ecs}(h)$ étaient non-nuls sont conservées et utilisées.

9.10.3.2 Gestion-régulation des générateurs de base et appoint

La représentation mathématique de la gestion-régulation est commune pour les générateurs de base et les générateurs d'appoint associés au ballon, à quelques différences près. Les algorithmes, décrits avec les indices relatifs à la base, sont intégralement transposables à l'appoint sauf mention contraire.

Les paramètres de gestion-régulation sont néanmoins définis séparément pour la base et pour l'appoint, qui n'ont en général pas le même pilotage.

Elle prend en compte la programmation, les conditions d'enclenchement des générateurs liées à l'état du ballon à l'issue du puisage et le calcul de la quantité d'énergie à fournir en fonction de la température de consigne.

9.10.3.2.1 Calcul de l'indice de programmation du générateur ballon : f_p

Selon le type de programmation de la base ou de l'appoint intégré du ballon et l'heure légale au pas de temps, on autorise ou non le(s) générateur(s) à fournir de l'énergie au ballon :

Type_gestion = 0) Permanent (1810)
 $fp(h) = 1$

Type_gestion = 1) De nuit seulement
Si $h_{leg}(h) > 23h$ ou $h_{leg}(h) < 5h$:
 $fp(h) = 1$ (1811)
Sinon,
 $fp(h) = 0$

Type_gestion = 1) De jour seulement
Si $10h < h_{leg}(h) < 17h$:
 $fp(h) = 1$ (1812)
Sinon,
 $fp(h) = 0$

9.10.3.2.2 Calcul de la condition d'enclenchement du générateur

Dans le cas d'un générateur de base de type boucle solaire thermique, $IS_{solaire\_base} = vrai$, le générateur est considéré comme enclenché dès qu'il peut réchauffer le ballon (voir C_GEN_Boucle solaire).

Dans tous les autres cas:

Si $f_p(h) = 0$, alors $Q_{req\_sto\_base}(h) = 0$. Dans le cas contraire, $Q_{req\_sto\_base}(h)$ est calculé comme suit.

Le dispositif de régulation des générateurs de base et appoint se base sur la température relevée en début du pas de temps dans la zone du ballon où est située la sonde du régulateur de la base Z_{reg_base} et de l'appoint Z_{reg_app} . Le dispositif chauffant devra se déclencher à la condition suivante, introduit pour tenir compte de l'hystérésis de la régulation. Elle est ici exprimée dans le cas du générateur de base :

$$\begin{aligned}
V_p(h) &> 0 \\
\text{ou } \theta_{b(z_{reg\_base})}(h-1) &< \theta_{c\_base} - \Delta\theta_{base} \\
\text{ou } \theta_{c\_base} - \Delta\theta_{base} &\leq \theta_{b(z_{reg\_base})}(h-1) < \theta_{c\_base} \text{ et } \theta_{b(z_{reg\_base})}(h-2) < \\
&\theta_{b(z_{reg\_base})}(h-1)
\end{aligned} \tag{1813}$$

θ_{c_base} représente la consigne de température pour le générateur de base et $\Delta\theta_{base}$ l'hystérésis de la régulation de ce dernier. Si $statut\_delta\_theta = 2$ (valeur par défaut), alors $\Delta\theta_{base} = 2^\circ\text{C}$.

Par ailleurs, dans le cas d'un générateur de base seulement, on rajoute la condition suivante :

$$\theta_{z\_reg\_base}(h-1) < \theta_{c\_base} + \frac{\Phi_{pertes,z\_reg\_base}(h-1)}{\rho_w \cdot c_w \cdot V_{(z\_reg\_base)}} \tag{1814}$$

Si la condition ci-dessus est remplie pour le générateur de base, alors $i_{active,base}(h) = \text{vrai}$. Sinon, $i_{active,base}(h) = \text{faux}$.

Si la condition ci-dessus est remplie pour le générateur d'appoint, alors $i_{active,appoint}(h) = \text{vrai}$. Sinon, $i_{active,appoint}(h) = \text{faux}$.

9.10.3.2.3 Calcul de la puissance requise

La puissance requise à fournir par la base ou l'appoint est donnée par l'équation ci-dessous, ici exprimée pour la base. Elle n'est calculée que si le générateur est activé au sens de la condition d'enclenchement précédemment évoquée.

Si $i_{active,base}(h) = \text{vrai}$, alors :

$$\begin{aligned}
Q_{req\_sto\_base}(h) = \max &\left[\rho_w \cdot c_w \cdot \left(\sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} V_z \cdot \left(\theta_{c\_base} - \frac{\sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} V_z \theta_{bz}(i-1)}{\sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} V_z} \right) \right) \right. \\
&\left. + \sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} \phi_{pertes,z}, 0 \right] \tag{1815}
\end{aligned}$$

Les températures θ_{bz} sont celles de la dernière itération effectuée (voir les algorithmes du ballon de stockage).

9.10.3.3 Gestion-régulation des générateurs de base et appoint dans le cas d'une gestion optimisée de l'appoint

Dans ce chapitre, on s'intéresse aux systèmes de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique à accumulation disposant d'une régulation optimisée. Ils sont composés :

- d'un ballon de stockage d'ECS à alimentation directe en eau froide, d'un volume maximal d'eau inférieur à 400 L,
- d'une pompe à chaleur ECS seule ou double service (chauffage et ECS) en générateur principal de production ECS. Cette pompe à chaleur peut être munie ou non d'une programmation pour un fonctionnement ECS en période nuit seulement. La pompe à chaleur peut être de n'importe quelle technologie (air/eau, eau/eau...).
- d'un générateur d'appoint électrique intégré au ballon de stockage, d'une puissance thermique d'au moins 500 W/100 L d'eau et logé à une hauteur au plus égale à 60% de la hauteur totale du ballon de stockage,

- une programmation ne permettant une activation automatique de l'appoint qu'en période nuit uniquement,
- une régulation optimisée de l'appoint en période nuit obéissant à l'une des deux logiques suivantes :

o soit la régulation repousse l'activation de l'appoint jusqu'à l'instant où il sera établi que la pente de remontée en température du ballon de stockage par la pompe à chaleur seule ne permettra pas d'atteindre la température de consigne souhaitée dans l'ensemble du ballon à la fin de la période nuit,

o soit la régulation repousse l'activation de l'appoint jusqu'à l'instant où il sera établi que la pente critique de remontée en température avec appoint activé est atteinte. Cette pente critique est préprogrammée dans l'appareil selon les caractéristiques de ses composants et prend en compte les variations de températures de source à l'évaporateur et au condenseur.

Le produit doit avoir fait l'objet d'une certification des performances au regard de la norme NF EN 16147 (statut de donnée certifié au sens de la méthode Th-BCE).

9.10.3.3.1 Calcul des indices de programmation des générateurs du ballon : $f_{p\ base}$ et $f_{p\ ap}$

Les indices de programmation permettent de définir les périodes sur lesquelles l'activation de la base et de l'appoint peuvent avoir lieu (horloge d'activation préprogrammée). Dans le cadre du titre V, la régulation de l'appoint concerne la période nuit seulement au sens de la méthode Th-BCE (0h-5h) :

$$\begin{aligned} &\text{Si } h_{leg}(h) > 23h \text{ ou } h_{leg}(h) < 5h : \\ &\quad fp_{ap}(h) = 1 \\ &\text{Sinon,} \\ &\quad fp_{ap}(h) = 0 \end{aligned} \tag{1816}$$

Cependant, on prévoit la possibilité d'activation du générateur de base soit en permanence, soit en période nuit. On traite donc les deux possibilités :

$$\begin{aligned} &\textbf{Type\_gestion = 0) Permanent} \\ &\quad fp_{base}(h) = 1 \end{aligned} \tag{1817}$$

$$\begin{aligned} &\textbf{Type\_gestion = 1) De nuit seulement} \\ &\quad \text{Si } h_{leg}(h) > 23h \text{ ou } h_{leg}(h) < 5h : \\ &\quad \quad fp_{base}(h) = 1 \\ &\quad \text{Sinon,} \\ &\quad \quad fp_{base}(h) = 0 \end{aligned} \tag{1818}$$

9.10.3.3.2 Prise en compte de la régulation en fonction de la température d'eau dans le ballon

On impose un fonctionnement du générateur de base seulement lors de la première heure de la période nuit ($h_{leg} = 0h$). En effet, il faut disposer d'au moins une heure entière de fonctionnement de la pompe à chaleur (générateur de base) seule, afin de déterminer la pente de remontée en température du ballon de stockage. Ainsi, au début de la période nuit :

$$\begin{aligned} &\text{Si } h_{leg}(h) = 0h \text{ alors :} \\ &\quad I_{active,base}(h) = 1 \text{ (vrai)} \end{aligned} \tag{1819}$$

$$I_{active,app}(h) = 0 \text{ (faux)}$$

Pour le reste du temps, l'activation de la base est gérée selon un algorithme identique à celui des règles Th-BCE, §9.10.3.2

En ce qui concerne la modélisation de la régulation de l'appoint, on part du principe que le régulateur calcule à chaque pas de temps une quantité d'énergie $Q_{requis}(h)$ à fournir avant la fin de la période nuit :

$$Q_{requis}(h) = \rho_w \cdot c_w \cdot \sum_{z=1}^{N_{zone}} [V_z \cdot (\theta_c - \theta_z(\square - 1))] (Wh) \quad (1820)$$

En parallèle, sur la base de mesures ponctuelles de température, la régulation évalue la pente de remontée en température du ballon. On traduit cette fonctionnalité par le calcul d'une puissance de pompe à chaleur moyenne calculée sur la base de la remontée en température sur l'heure précédente, P_{PAC} :

$$P_{PAC}(h) = \rho_w \cdot c_w \cdot \sum_{z=1}^{N_{zone}} [V_z \cdot (\theta_z(\square - 1) - \theta_z(\square - 2))] * \frac{1}{\square} (Wh) \quad (1821)$$

Soit le nombre d'heure avant la fin de la période nuit au sens de la méthode Th-BCE, noté $Nh_{restant}$:

$$\begin{aligned} \text{Sinon si } h_{leg}(h) < 5h \text{ alors } Nh_{restant}(h) &= 5h - h_{leg}(h) : \\ \text{Sinon, } Nh_{restant}(h) &= 0 (h) \end{aligned} \quad (1822)$$

On définit la quantité totale d'énergie que pourrait fournir la pompe à chaleur si la même pente de remontée en température était conservée toute la nuit :

$$Q_{disponible}(h) = N_{\square_{restant}}(h) \cdot P_{PAC}(\square) (Wh) \quad (1823)$$

L'appoint est activé si : $Q_{disponible}(h) < Q_{requis}(h)$. Lorsqu'il est activé, c'est pour une heure complète. Au cours de cette heure, P_{pac} ne peut pas être calculée car la remontée en température inclut également l'impact de l'appoint. A l'issue de l'heure d'activation, l'appoint est automatiquement considéré comme désactivé sur l'heure suivante, afin de déterminer une nouvelle pente de remontée en température du ballon en mode pompe à chaleur seule. Lorsque la température de consigne est atteinte une fois pour toutes les zones du ballon, l'appoint ne sera plus activé au cours de la période de nuit en cours. Si à la dernière heure de la période de nuit ($h_{leg} = 4h$, soit de 4 à 5h du matin), il reste de l'énergie à fournir ($Q_{requis} > 0$), l'appoint est automatiquement activé par sécurité.

Ainsi, à chaque pas de temps, l'algorithme appelé est le suivant :

$$\begin{aligned} &\text{Si } V_p(h) > 0 \text{ alors} \\ &\quad I_{active,app}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ &\text{Si } Q_{requis}(h) = 0 \text{ alors} \\ &\quad I_{cons\_atteinte}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ &\text{Si } i_{cons\_atteinte}(h) = 0 \text{ (faux) alors} \\ &\quad \text{Si ET } Q_{disponible}(h) < Q_{requis}(h) \\ &\quad \text{OU } I_{active,app}(h-1) = 1 \text{ (vrai)} \\ &\quad \text{OU } [h_{leg} = 4h \text{ ET } Q_{requis}(h) > 0] \text{ alors} \\ &\quad \quad I_{active,app}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ &\quad \text{Sinon} \\ &\quad \quad I_{active,app}(h) = 0 \text{ (faux)} \end{aligned} \quad (1824)$$

Sinon

$I_{\text{active,app}}(h) = 0$ (faux)

Chaque jour de simulation, à $h_{\text{leg}} = 6h$ (du matin), tous les indicateurs booléens sont réinitialisés à 0 (faux).

9.11 C_STO_échangeur_ballon

9.11.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme décrit la modélisation d'un échangeur de chaleur externe ou interne associé à un ballon de stockage pour la fourniture de chaleur au réseau de distribution d'ECS ou de chauffage.

9.11.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 285 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation. L'indice i représente quant à lui l'itération de puisage d'eau dans le ballon en cours, dans la logique d'un puisage itératif tel que décrit dans le chapitre C_STO_Ballon_de_stockage de la méthode Th-BCE.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
$[\theta_{b[z]}(i-1)]$	Température des différentes zones du ballon à la fin de l'itération précédente	°C				
$\theta_{b[zp]}(i-1)$	Température de la zone à laquelle est connectée l'entrée de l'échangeur externe à la fin de l'itération précédente	°C				
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Quantité d'énergie à fournir à l'itération de puisage i	Wh				
$\theta_{entrant}(h)$	Température moyenne entrant dans l'échangeur côté distribution. Il peut s'agit de la température retour de la distribution ECS ou chauffage ou de la température d'eau froide	°C				
$\theta_{depart,aval}(h)$	Température départ de consigne de la distribution ECS ou chauffage	°C				
$\theta_{amb}(h)$	Température d'air ambiant autour de l'échangeur	°C				
$q_{v,aval}(h)$	Débit volumique d'eau moyen au pas de temps h dans le réseau de distribution de chauffage ou d'ECS	m³/h				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Con v	
UA_{ech}	Coefficient de transfert thermique de l'échangeur externe dans les conditions de débits nominaux	W/K	0	$+\infty$		
$h_{bas,ech,rel}$ $h_{haut,ech,rel}$	Hauteurs relatives du bas et du haut de l'échangeur par rapport à la hauteur de cuve, exprimées en %	%	0	100		
Paramètres d'intégration du composant						

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Con v
Ech. Interne	q_{v_prim}	Débit volumique d'eau nominal dans le circuit primaire, entre le ballon et l'échangeur à plaques	m ³ /h	0	$+\infty$	
	$P_{w\_circ\_prim}$	Puissance absorbée par le circulateur de charge de l'échangeur à plaques	W	0	$+\infty$	
	V_{z_min}	Volume d'eau de la zone la moins volumineuse dans le ballon	m ³	0	$+\infty$	
Echangeur	$[V_{[z]}]$	Volumes des différentes zones du ballon dans lequel se situe l'échangeur interne	m ³	0	$+\infty$	
	V_{tot}	Volume total du ballon dans lequel se situe l'échangeur interne	m ³	0	$+\infty$	
	N_{zone}	Nombre de zones du ballon	Ent	0	$+\infty$	4

Sorties

	Nom	Description	Unité
Echangeur externe	$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération de puisage	Wh
	$ArretPuisage(i)$	Indicateur booléen signifiant l'interruption du puisage en cours lorsqu'il bascule à vrai	bool
	$\theta_{retour,ballon}(i)$	Température de l'eau revenant au ballon depuis l'échangeur au cours de l'itération de puisage	°C
	$V_p(i)$	Volume d'eau effectivement puisé ou prélevé dans le ballon au cours de l'itération	m ³
	$W_{circ\_prim}(h)$	Consommation électrique du circulateur de la boucle primaire entre le ballon et l'échangeur	Wh
Echangeur interne	$[Q_{preleve[z]}(i)]$	Quantités d'énergie prélevées dans chaque zone du ballon par l'échangeur interne	Wh
	$z_{bas,ech}$	Indice de la zone où se situe le bas de l'échangeur	Ent
	$z_{haut,ech}$	Indice de la zone où se situe le haut de l'échangeur	Ent

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	$[UA_{ech[z]}]$	Coefficient de transfert thermique de l'échangeur interne avec la zone d'indice z du ballon	W/K
	$[NUT_{ech[z]}]$	Nombres d'unité thermique équivalent pour les portions d'échangeur interne de chaque zone	-
	$\theta_{sortie,ballon}(h)$	Température d'eau en sortie du ballon	

$\theta_{entree\_ech}(h)$	Température de l'eau entrant dans l'échangeur côté ballon	°C
$\theta_{sortie\_ech}(i)$	Température de l'eau entrant dans l'échangeur côté ballon	°C
$V_{puisage}(i)$	Volume d'eau à prélever dans le ballon pour assurer le puisage	m ³
$NUT(h)$	Nombre d'unité thermique de l'échangeur au pas de temps h	-
$Rd(h)$	Rapport de déséquilibre de l'échangeur au pas de temps h	-
$\epsilon_{eff}(h)$	Efficacité de l'échangeur externe au pas de temps h	-
$[Q_{\_max[z]}(i)]$	Quantité d'énergie maximale qui peut être prélevée dans la zone d'indice z	Wh
$Q_w(i)$	Quantité d'énergie à fournir pour une itération avec un échangeur interne	Wh
$[\Delta\theta_{\_deb[z]}(i)]$	Elévation de la température d'eau circulant dans la portion d'échangeur située dans la zone d'indice z	°C

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/m ³	998
C_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163
t_h	Durée d'un pas de temps en h	h	1

Tableau 285 : Nomenclature des différentes variables du modèle

$$Rd(h) = \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v\_prim})}{MAX(q_{v,aval}(h); q_{v\_prim})} \quad (1826)$$

Si $Rd(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1827)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1 - Rd(h))}}{1 - Rd(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1 - Rd(h))}} \quad (1828)$$

9.11.3.3 **Calcul de la température retour ballon et du volume puisé : cas générique**

En premier lieu, on souhaite calculer la température requise en entrée de l'échangeur côté ballon, $\theta_{entree\_ech}(i)$, pour pouvoir réchauffer l'eau du réseau de distribution. Cette température dépend de l'efficacité de l'échangeur et des températures départ/retour du réseau de distribution :

$$\theta_{entree\_ech}(i) = \theta_{retour,aval}(h) + \frac{q_{v,aval}(h)}{\varepsilon_{eff}(h) \cdot MIN(q_{v,aval}(h); q_{v\_prim})} \cdot (\theta_{depart,aval}(h) - \theta_{entrant}(h)) \quad (1829)$$

La capacité à assurer le puisage dans le ballon va dépendre de la température de la zone du ballon à laquelle est raccordée le piquage départ connecté à l'échangeur externe, notée $\theta_{sortie,ballon}(i)$. Cette dernière est prise égale à la température de la zone du ballon à laquelle le piquage est connecté à l'issue de l'itération précédente :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{b[zp]}(i - 1) \quad (1830)$$

Si $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{entree\_ech}(h)$, le puisage peut être assuré. On calcule la température de sortie de l'échangeur côté ballon, qui correspond à la température retour du ballon:

$$\theta_{sortie\_ech}(i) = \theta_{entree\_ech}(h) + \frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{q_{v\_prim} \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1831)$$

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie\_ech}(i) \quad (1832)$$

On calcule également le volume prélevé dans le ballon au cours de l'itération de puisage, qui est plafonné par le volume de zone du ballon le plus limitant, V_{zmin} :

$$V_{puisage}(i) = q_{v\_prim} \cdot \frac{\theta_{entree\_ech}(h) - \theta_{sortie\_ech}(h)}{\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie\_ech}(h)} \quad (1833)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1834)$$

Avec $\theta_{sortie,ballon}(h) = \theta_{bzp}(i)$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{rest}(i) = Q_{req}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie\_ech}(h)) \quad (1835)$$

Le circulateur de la boucle primaire est activé, on comptabilise donc sa consommation sur le pas de temps en cours :

$$W_{circ,prim}(h) = Pw_{circprim} \cdot t_h \quad (1836)$$

Sinon, dans le cas où $\theta_{sortie,ballon}(h) < \theta_{entree\_ech}(h)$, la température du ballon est insuffisante pour

assurer le puisage. L'échangeur n'est pas alimenté en eau, et la quantité d'énergie à fournir est reporté sur un appoint ou au pas de temps suivant:

$$\theta_{sortie\_ech}(i) = \theta_{amb}(h) \quad (1837)$$

$$V_{puisage}(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1838)$$

$$V_p(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1839)$$

$$Q_{rest}(i) = Q_{req}(h) \quad (1840)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = vrai \quad (1841)$$

Le circulateur de la boucle primaire est arrêté :

$$W_{circ,prim}(h) = 0 \text{ Wh} \quad (1842)$$

9.11.3.4 **Calcul de la température retour ballon et du volume puisé : cas spécifique des assemblages appoint séparé instantané**

Dans le cas spécifique des assemblages à appoint séparé instantané, l'assemblage peut jouer uniquement un rôle de préchauffage de l'eau, sans l'amener à la température départ voulue. Un générateur d'appoint, connecté en série de l'échangeur sur le secondaire, vient alors compléter la puissance apportée de manière à relever la température départ.

L'algorithme décrit au §9.11.3.3 devient alors le suivant :

Si $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{entree\_ech}(h)$, le puisage peut être assuré par le ballon seul. On applique les équations (1894) à (1899).

Sinon, si $\theta_{sortie,ballon}(i) > \theta_{retour\_aval}(h)$, l'échangeur externe peut assurer un rôle de préchauffage de l'eau. Sa puissance thermique est limitée par la température en sortie du ballon, d'où :

$$\theta_{entree\_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(h) \quad (1843)$$

$$\theta_{sortie\_ech}(i) = \theta_{entree\_ech}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v\_prim})}{q_{v\_prim}} \cdot (\theta_{entree\_ech}(i) - \theta_{entrant}(h)) \quad (1844)$$

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie\_ech}(i) \quad (1845)$$

On calcule également le volume prélevé dans le ballon au cours de l'itération de puisage, qui est plafonné par le volume minimal parmi ceux des zones du ballon, V_{zmin} :

$$V_{puisage}(i) = q_{v\_prim} \quad (1846)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1847)$$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie\_ech}(h)) \quad (1848)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = vrai \quad (1849)$$

Le circulateur de la boucle primaire est activé, on comptabilise donc sa consommation sur le pas de temps en cours :

$$W_{circ,prim}(h) = Pw_{circprim} \cdot t_h \quad (1850)$$

Sinon, dans le cas où $\theta_{sortie,ballon}(h) < \theta_{entree\_ech}(h)$, la température du ballon est insuffisante pour assurer le puisage. L'échangeur n'est pas alimenté en eau, et la quantité d'énergie à fournir est reporté sur un appoint ou au pas de temps suivant. On applique les équations (1836) à (1842).

9.11.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE POUR L'ÉCHANGEUR INTERNE

9.11.4.1 Principe

L'objectif de l'algorithme est de calculer la température retour ballon et la quantité d'énergie prélevée dans les différentes zones du ballon en fonction des températures et débit avals.

Un échangeur interne ne peut être utilisé que pour la production ECS. L'échangeur interne de production ECS peut débuter en bas de la cuve ou non. On introduit $h_{bas,ech,rel}$ et $h_{haut,ech,rel}$, les hauteurs relatives du bas et du haut de l'échangeur par rapport à la hauteur de cuve, exprimées en % (0-100%) telles que représentée ci-dessous :

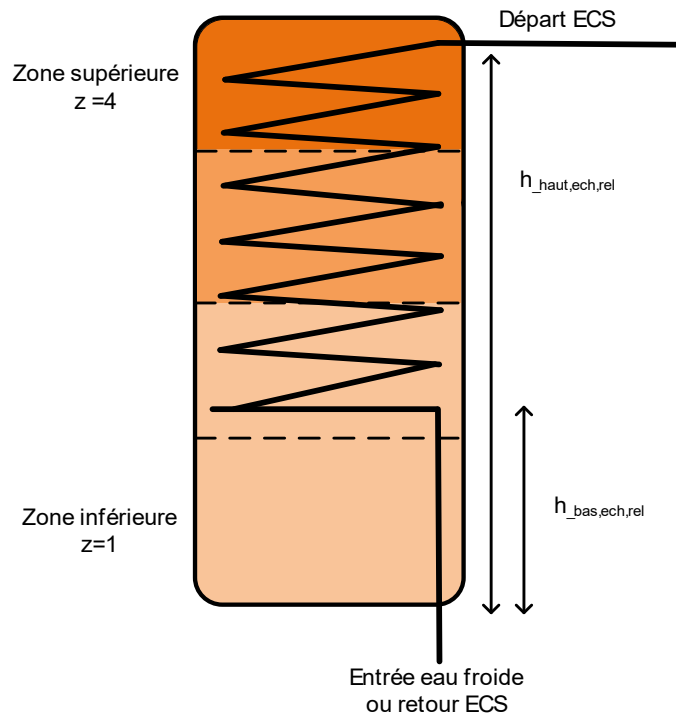


Figure 187: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur interne de production ECS

Par convention, l'échangeur interne est supposé atteindre le haut de la cuve : $h_{haut,ech,rel} = 100\%$. Si $h_{bas,ech,rel}$ n'est pas connue, on appliquera la valeur par défaut suivante : $h_{bas,ech,rel} = 25\%$.

En préprocesseur, le coefficient de transfert thermique de l'échangeur interne, UA_{ech} est réparti pour chacune des zones qu'il traverse, au prorata des tailles de ces zones et de la position de l'échangeur. Soit $UA_{ech[z]}$ le coefficient de transfert thermique correspondant à la portion qui traverse la zone d'indice z .

On détermine $z_{bas,ech}$, la zone où se situe le bas de l'échangeur interne, en fonction de $h_{bas,ech,rel}$, via la procédure suivante :

$$h_{zinf} = 0 \%$$

$$h_{zsup} = 0 \%$$

Pour z allant de 1 à N_{zone} :

$$h_{zinf} = h_{zsup}$$

$$h_{zsup} = \frac{V_{[z]}}{V_{tot}} + h_{zinf}$$

(18

51)

Si $h_{bas,ech,rel} < h_{zsup}$ et $h_{haut,ech,rel} \geq h_{zinf}$, alors, l'échangeur traverse la zone n :

$$UA_{ech[z]} = \frac{UA_{ech}}{h_{haut,ech,rel} - h_{bas,ech,rel}} \cdot MIN\left(\frac{V_{[z]}}{V_{tot}}; h_{zsup} - h_{bas,ech,rel}; h_{haut,ech,rel} - h_{zinf}\right)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } h_{\text{bas,ech,rel}} \geq h_{\text{zinf}} \text{ et } h_{\text{bas,ech,rel}} < h_{\text{zsup}} \\ z_{\text{bas,ech}} = z \\ \text{Si } h_{\text{haut,ech,rel}} > h_{\text{zinf}} \text{ et } h_{\text{haut,ech,rel}} \leq h_{\text{zsup}} \\ z_{\text{haut,ech}} = z \end{aligned}$$

Où :

- z (entier), h_{zinf} et h_{zsup} (%) sont des variables locales spécifiques à la procédure,
- V_z représente le volume de la zone n et V_{tot} le volume total du ballon (en m^3)
- N_{zone} est le nombre de zone du ballon

9.11.4.2 *Calcul de la température retour ballon et de la quantité d'énergie prélevée : Cas générique*

Chaque zone du ballon peut fournir à l'échangeur une quantité d'énergie qui dépend de sa température. En parallèle, la quantité d'énergie fournie réduit la température des zones au fur et à mesure où le puisage s'effectue. Ainsi, il pourrait potentiellement survenir un instant « t » où la température en sortie d'échangeur devient inférieure à la température d'ECS souhaitée $\theta_{\text{aval,ecs}}$. En pratique, l'appoint, dimensionné en conséquence, va s'activer avant que cet instant « t » ne survienne et maintenir une température de puisage suffisante.

Pour prendre en compte cette logique, on recourt à la simplification suivante :

- le calcul utilise sur une boucle itérative à l'intérieur du pas de temps. A chaque itération, on réalise un nouveau calcul des températures de zone et de sortie d'échangeur en ne considérant qu'une fraction de la quantité d'énergie totale puisée, $Q_{\text{iter,ecs}}$, équivalente à une diminution globale de la température de ballon de 2°C . Ce pas d'itération est choisi pour que la dérive de température de sortie soit suffisamment faible sur une itération donnée,
- à chaque itération, si la température en sortie d'échangeur $\theta_{\text{sortie,ballon}}$ est suffisante, le puisage a lieu. Dans le cas contraire, on reporte la quantité d'énergie qui n'a pas pu être prélevée dans $Q_{\text{w-sto-int-report}}(i)$.

Dans un premier temps, pour chaque zone du ballon, on définit un Nombre d'Unité Thermique $NUT_{\text{ech}[z]}(h)$ par la relation suivante :

$$\text{Pour } z \text{ allant de } 1 \text{ à } N_{\text{zone}} : \quad NUT_{\text{ech}[z]}(h) = \frac{UA_{\text{ech}[z]}}{q_{v,\text{aval}}(h) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1852)$$

Soit « i » l'entier utilisé comme indice de la boucle itérative. Chaque itération de la boucle se voit attribuer une fraction du besoin ECS égale à $Q_{\text{iter,ecs}}$, calculée comme expliquée plus haut :

$$Q_{\text{iter}} = V_{\text{tot}} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot 2^\circ\text{C} \quad (1853)$$

Ensuite, au cours de l'itération :

$$Q_w(i) = \text{MIN}(Q_{w\text{-sto-unit}}(i) ; Q_{\text{iter,ecs}}) \quad (1854)$$

Pour la zone d'indice $z = 1$:

$$Q_{\text{max}[1]}(i) = V_{[1]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot \text{MAX}(0 ; \theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{\text{entrant}}(h)) \quad (1855)$$

$$\Delta\theta_{\text{deb}[1]}(i) = \text{MAX}\left(0 ; \frac{\theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{\text{entrant}}(h)}{\frac{1}{NUT_{\text{ech}[1]}(h)} + 0,5}\right) \quad (1856)$$

Pour chaque zone d'indice $z > 1$:

$$Q_{\text{max}[z]}(i) = V_{[z]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot \text{MAX}(0 ; \theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{\text{entrant}}(h)) \quad (1857)$$

$$\Delta\theta_{deb[z]}(i) = MAX \left(0 ; \frac{\theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{entrant}(h) - \sum_{k=1}^{z-1} \Delta\theta_{deb[k]}(i)}{\frac{1}{NUT_{ecs[z]}(h)} + 0,5} \right) \quad (1858)$$

La température de puisage ECS disponible au début de l'itération i est donc :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{entrant}(h) + \sum_{z=1}^{Nzone} \Delta\theta_{deb[z]}(i) \quad (1859)$$

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{depart,aval}(h)$: à cette itération, les températures à l'intérieur du ballon sont suffisantes pour puiser à la température souhaitée:

Pour chaque zone d'indice z :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{entrant}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1860)$$

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) < \theta_{depart,aval}(h)$: à cette itération, les températures à l'intérieur du ballon ne sont pas suffisantes pour puiser à la température d'usage souhaitée.

$$Q_{prelevee[z]}(i) = 0 \text{ Wh} \quad (1861)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i+1) = Q_{w-sto-unit}(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1862)$$

9.11.4.3 **Calcul de la température retour ballon et de la quantité d'énergie prélevée : cas spécifique des assemblages appoint séparé instantané**

Dans le cas spécifique des assemblages à appoint séparé instantané, l'assemblage peut également jouer uniquement un rôle de préchauffage de l'eau, sans l'amener à la température départ voulue. Un générateur d'appoint, connecté en série de l'échangeur inter, vient alors compléter la puissance apportée de manière à relever la température départ.

L'algorithme décrit au §9.12.3.3.4.2 devient alors le suivant :

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{depart,aval}(h)$: le puisage peut être assuré par le ballon seul. On applique l'équation (1938) pour chaque zone du ballon.

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) < \theta_{depart,aval}(h)$ et $\theta_{sortie,ballon}(i) > \theta_{entrant}(h)$, l'échangeur interne peut assurer un rôle de préchauffage de l'eau. Sa puissance thermique est limitée par la température en sortie du ballon, d'où :

Pour chaque zone d'indice z :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{depart,aval}(h) - \theta_{entrant}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1863)$$

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) \leq \theta_{entrant}(h)$, : à cette itération, les températures à l'intérieur du ballon ne sont pas suffisantes pour qu'une quantité d'énergie puisse être prélevée :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = 0 \text{ Wh} \quad (1864)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i+1) = Q_w(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1865)$$

9.12 C_STO_Accumulateur_ECS en eau technique

9.12.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme décrit la modélisation d'un assemblage avec accumulateur ECS en eau technique.

Ce type de ballon de stockage a pour particularité de ne pas être raccordé directement au réseau de distribution ECS du bâtiment, mais séparé de celui-ci par un échangeur de chaleur.

Cet échangeur peut être :

- Soit immergé dans le ballon (échangeur serpentin, échangeurs double-peau). On parlera alors d'échangeur interne, tel que représenté sur la Figure 188 ci-dessous :

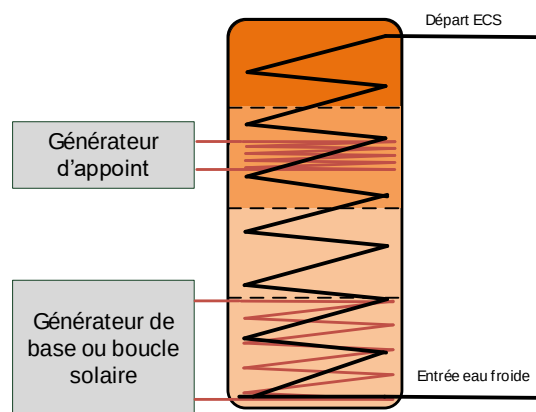


Figure 188: accumulateur ECS en eau technique avec échangeur interne

- Placé à l'extérieur du ballon et connecté aux piquages de celui-ci (échangeur à plaques). On parlera alors d'échangeur externe, tel que représenté sur la Figure 189 ci-dessous :

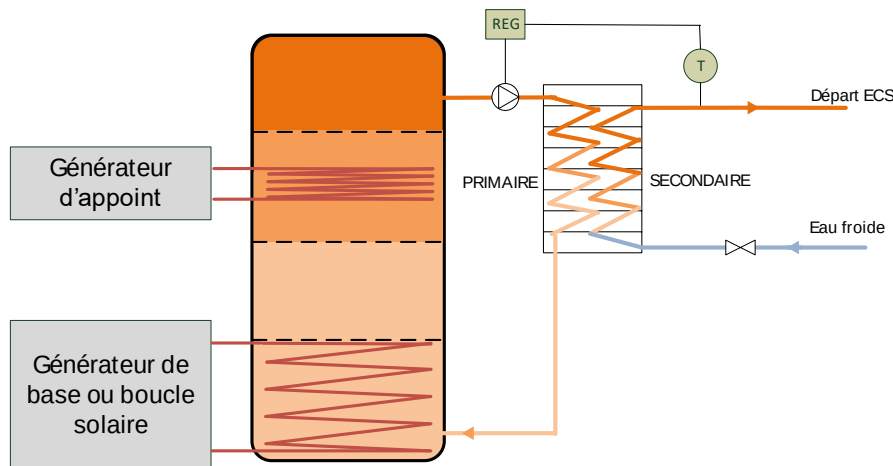


Figure 189: accumulateur ECS en eau technique avec échangeur externe

L'ensemble des types d'assemblage usuels peuvent être modélisés :

- Accumulateur ECS en eau technique avec générateur de base seul,
- Accumulateur ECS en eau technique avec générateur de base et générateur d'appoint intégré,
- Accumulateur ECS en eau technique avec générateur de base et générateur d'appoint instantané séparé,

Accumulateur ECS en eau technique avec générateur de base et générateur d'appoint dans un second ballon séparé. Dans ce cas, un premier ballon principal est réchauffé par le générateur de

base et un second ballon, raccordé en série au premier, par le générateur d'appoint.

9.12.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 286 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation. L'indice i représente quant à lui l'itération de puisage d'eau dans le ballon en cours, dans la logique d'un puisage itératif tel que décrit dans le chapitre *C_STO_Ballon_de_stockage* de la méthode Th-BCE.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
$[\theta_{b[z]}(i-1)]$	Température des différentes zones du ballon à la fin de l'itération précédente	°C			
$\theta_{b[zp]}(i-1)$	Température de la zone à laquelle est connectée l'entrée de l'échangeur externe à la fin de l'itération précédente	°C			
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Quantité d'énergie à fournir à l'itération de puisage i	Wh			
$Q_{w\_rechauboucle}(h)$	Quantité d'énergie à prélever dans le ballon pour le réchauffage de la boucle ECS au pas de temps h	Wh			
$\theta_{ef}(h)$	Température d'eau froide	°C			
$\theta_{retour,boucleECS}$	Température retour de bouclage ECS	°C			
$\theta_{depart,aval}$	Température départ de consigne de la distribution ECS	°C			
$\theta_{amb}(h)$	Température d'air ambiant autour de l'échangeur	°C			
$qv\_boucle,ecs(h)$	Débit d'eau du réseau bouclé ECS au pas de temps h (le cas échéant)	m³/h			
$V_{ef\_ecs}(h)$	Volume total d'eau chaude non-mitigée puisé au pas de temps h	m³			
Paramètres du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def
$Type\_Assemblage$	Type d'assemblage ECS parmi les suivants :				
	0) Base sans appoint				
	1) Base et appoint intégré				
	2) Base et appoint dans stockage séparé				
	3) Base et appoint séparé instantané				
	4) SSC avec appoint chauffage par système indépendant				
	5) SSC avec appoint chauffage raccordé				
V_{tot}	Volume total du ballon dans lequel se situe l'échangeur interne	m³	0	$+\infty$	

Réchauffage de	Type_Accumulat eur_ECS	Type d'accumulateur ECS :				
		0) <i>Ballon d'eau chaude sanitaire,</i>				
		1) <i>Ballon en eau technique avec échangeur immergé</i>	Ent	0	2	
	Type_Application	2) <i>Ballon en eau technique avec échangeur externe (préparateur)</i>				
		Type d'application de l'accumulateur ECS en eau technique (pour la définition de θ_{cons}) :				
		0) Accumulateur ECS individuel	Ent	0	1	
		1) Accumulateur ECS collectif (avec ou sans bouclage)				
	θ_{cons}	Température de consigne du ballon en eau technique	°C	55	100	
	Is_Retour_Boucl e_Separe	Présence d'un piquage retour séparé, en partie haute du ballon, pour le réchauffage de boucle ECS :	Ent	0	1	
	$P_{w\_circ\_prim\_RB}$	Puissance absorbée par le circulateur de charge du préparateur ECS lors des phases de réchauffage de boucle	W	0	$+\infty$	
Echangeur	P_{echECS}	Puissance thermique nominale de l'échangeur ECS à la température primaire θ_{cons} , température d'eau froide de 15°C et température d'ECS de 5°C inférieure à θ_{cons} (au débit primaire nominal pour un échangeur externe)	kW	0	$+\infty$	
	$q_{v\_prim\_nom}$	Débit volumique d'eau nominal dans le circuit primaire du préparateur ECS	m³/h	0	$+\infty$	
	Type_Circulateur _Prep_ECS	Type de circulateur du préparateur ECS :				
		0) <i>Circulateur à vitesse constante</i>	Ent	0	1	
		1) <i>Circulateur à vitesse variable</i>				
	$P_{w\_circ\_prim\_nom}$	Puissance absorbée par le circulateur de charge du préparateur ECS au débit primaire nominale	W	0	$+\infty$	
	Modmin	Rapport du débit minimal que le circulateur primaire peut maintenir sur le débit nominal de celui-ci	-	0	1	0,3

Sorties

	Nom	Description	Unité
Echangeur	$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération de puisage	Wh
	$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'ensemble des itérations de puisage	Wh
	ArretPuisage(i)	Indicateur booléen signifiant l'interruption du puisage en cours lorsqu'il bascule à vrai	bool
	$\theta_{retour,ballon}(i)$	Température de l'eau revenant au ballon depuis l'échangeur au cours de l'itération de puisage	°C
	$V_p(i)$	Volume d'eau effectivement puisé ou prélevé dans le ballon au cours de l'itération	m³

	$W_{\text{circ\_prim}}(h)$	Consommation électrique du circulateur de la boucle primaire entre le ballon et l'échangeur	Wh
	$[Q_{\text{preleve}[z]}(i)]$	Quantité d'énergie prélevée en partie haute du ballon pour le réchauffage de boucle	Wh
	$Z_{\text{retour,ech,ext}}$	Indice de la zone du ballon sur laquelle est raccordé le piquage retour de l'échangeur externe	-
	$Z_{\text{retour,ech,boucle}}$	Indice de la zone du ballon sur laquelle est raccordé le piquage retour de l'échangeur réchauffeur de boucle ECS	-
Echangeur interne	$[Q_{\text{preleve}[z]}(i)]$	Quantités d'énergie prélevées dans chaque zone du ballon par l'échangeur interne	Wh
	$Z_{\text{bas,ech}}$	Indice de la zone où se situe le bas de l'échangeur	Ent
	$Z_{\text{haut,ech}}$	Indice de la zone où se situe le haut de l'échangeur	Ent

Variables internes

Nom	Description	Unité
$h_{\text{bas,ech,rel}}$ $h_{\text{haut,ech,rel}}$	Hauteurs relatives du bas et du haut de l'échangeur interne par rapport à la hauteur de cuve, exprimées en % Fixées à	%
V_{z_min}	Volume d'eau de la zone la moins volumineuse dans le ballon	m ³
$[V_{[z]}]$	Volumes des différentes zones du ballon dans lequel se situe l'échangeur interne	m ³
UA_{ech}	Coefficient de transfert thermique global de l'échangeur ECS (externe ou interne)	W/K
$[UA_{\text{ech}[z]}]$	Coefficient de transfert thermique de l'échangeur interne avec la zone d'indice z du ballon	W/K
$[NUT_{\text{ech}[z]}]$	Nombres d'unité thermique équivalent pour les portions d'échangeur interne de chaque zone	-
$R_{\text{temp}}(h)$	Ratio de température entre le point de puisage et le départ de distribution ECS:	-
$V_{\text{eq-un-puisage}}(h)$	Volume ECS équivalent puisé au cours d'un puisage moyen	m ³
$N_{\text{puisage}}(h)$	Nombre de puisages moyens total sur le pas de temps h	Ent
$Y(h)$	Coefficient de probabilité de simultanéité des puisages au cours du pas de temps h	-
$t_{\text{puis}}(h)$	Durée équivalente de puisage au pas de temps h (entre 0 et 1 h)	h
$qv_{\text{ef\_ecs}}(h)$	Débit d'ECS moyen à produire au cours du puisage au pas de temps h	m ³ /h

$qv_{aval}(h)$	Débit d'ECS au secondaire de l'échangeur au pas de temps h	m ³ /h
$\theta_{retour,aval}(h)$	Température d'eau entrant dans l'échangeur côté bâtiment (secondaire)	°C
$\theta_{sortie,ballon}(h)$	Température d'eau en sortie du ballon	°C
$\theta_{entree\_ech}(h)$	Température de l'eau entrant dans l'échangeur côté ballon	°C
$\theta_{sortie\_ech}(i)$	Température de l'eau entrant dans l'échangeur côté ballon	°C
$V_{puisage}(i)$	Volume d'eau à prélever dans le ballon pour assurer le puisage	m ³
$NUT(h)$	Nombre d'unité thermique de l'échangeur au pas de temps h	-
$Rd(h)$	Rapport de déséquilibre de l'échangeur au pas de temps h	-
$\epsilon_{eff}(h)$	Efficacité de l'échangeur externe au pas de temps h	-
$[Q_{max[z]}(i)]$	Quantité d'énergie maximale qui peut être prélevée dans la zone d'indice z	Wh
$Q_w(i)$	Quantité d'énergie à fournir pour une itération avec un échangeur interne	Wh
$Q_{nonassure}(i)$	Quantité d'énergie nécessaire pour porter la température de sortie du ballon à la température départ ECS à l'itération i	Wh
$[\Delta\theta_{deb[z]}(i)]$	Elévation de la température d'eau circulant dans la portion d'échangeur située dans la zone d'indice z	°C
$W_{circ\_prim,puis}(h)$ $W_{circ\_prim,RB}(h)$	Consommation électrique du circulateur primaire lors de la phase de puisage et lors de la phases de réchauffage de boucle	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_e	Masse volumique de l'eau	kg/m ³	998
C_e	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163
t_h	Durée d'un pas de temps en h	h	1
N_{zone}	Nombre de zones du ballon	Ent	4

Tableau 286 : Nomenclature des différentes variables du modèle

9.12.3 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

En présence d'un accumulateur ECS en eau technique, le calcul itératif du volume puisé dans le ballon tel que décrit dans le chapitre « C_STO_gestion_régulation_ballon » de la méthode Th-BCE est modifié pour prendre en compte l'échangeur externe ou immergé.

En particulier, on fait évoluer le paragraphe 9.10.3.1.3 Calcul du volume puisé par boucle itérative dans le cas d'un échangeur externe ou interne de séparation avec le réseau de distribution, qui décrit les modalités de calcul de $V_p(i)$, volume puisé dans le ballon à chaque itération d'indice i , et $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$, quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération i , dans le cas d'un ballon en eau chaude sanitaire.

Le principe de cette boucle itérative est rappelé en Figure 190. A chaque itération i , la boucle itérative communique les variables de températures des différentes zones du ballon $\theta_{b[z]}(i)$ et de besoin en ECS $Q_{w\_sto\_unit}(i)$. A l'issue de l'itération, on calcule à nouveau les températures des différentes zones du ballon et la quantité d'énergie restant à assurer à l'itération suivante $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$.

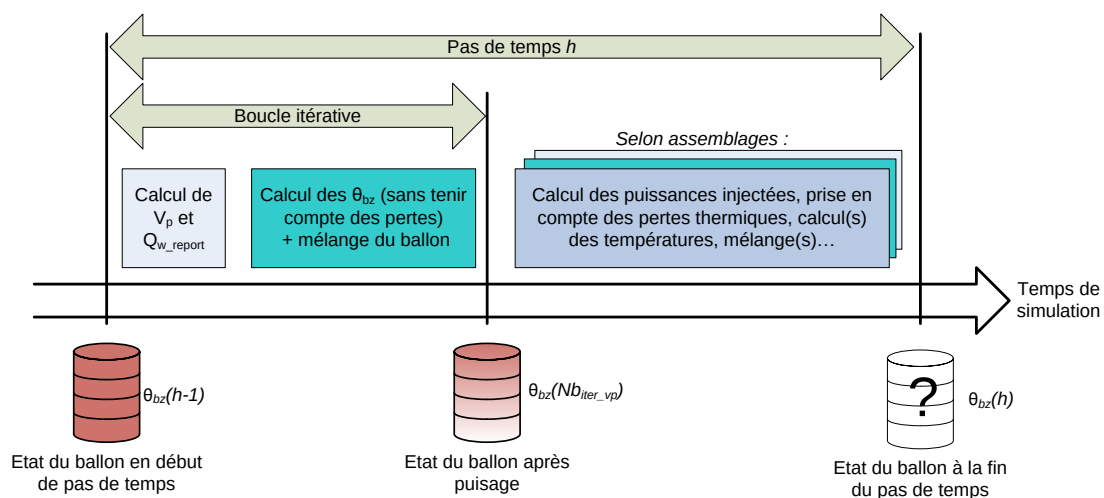


Figure 190: ballon ECS, déroulement d'un calcul sur un pas de temps

Les chapitres ci-dessous décrivent l'équivalent de ce calcul pour le cas d'un accumulateur en eau technique avec échangeur externe (§9.12.3.2) et avec échangeur interne (§9.12.3.3). Pour ce dernier, on ne raisonne pas en volume puisé, mais plus en quantité d'énergie prélevée dans les différentes zones du ballon.

9.12.3.1 *Calcul du débit ECS circulant dans l'échangeur au pas de temps horaire*

Pour caractériser l'échangeur à chaque pas de temps, il convient de disposer du débit ECS circulant au secondaire (aussi bien pour un échangeur externe qu'interne).

Or, la méthode de calcul Th-BCE fournit un volume d'ECS puisé total à chaque pas de temps, $V_{ef\_ecs}(h)$ en m^3 , mais pas la valeur de débit ECS moyenne sur le pas de temps correspondante. On notera ce débit $qv_{ef\_ecs}(h)$, en m^3/h .

Pour calculer qv_{ef_ecs} , on applique une méthode reposant sur des hypothèses conventionnelles quant à la nature des puisages appliqués pour un $V_{ef\_ecs}(h)$ donné. Ainsi, on cherche à décomposer $V_{ef\_ecs}(h)$ en un nombre équivalent de puisages « significatifs ». On pose comme convention, qu'un puisage significatif correspond à un tirage de 6 l/min, pendant une durée de 8 minutes, à 40°C au point de puisage.

Pour opérer cette décomposition, on définit tout d'abord le ratio de température entre le point de puisage et le départ de distribution ECS:

$$R_{temp}(h) = \frac{40 - \theta_{ef}(h)}{\theta_{depart,aval} - \theta_{ef}(h)} \quad (1866)$$

Le volume ECS équivalent puisé au cours d'un puisage moyen est donc égal à :

$$V_{eq-un-usage}(h) = 8 \text{ (minutes)} \times 6 \text{ (l/min)} \times R_{temp}(h) \quad (1867)$$

Note: à titre de référence, pour une température d'eau froide de 15°C et une température départ de 55°C, $V_{eq-un-usage} = 30$ l d'eau chaude à 55°C. Cela correspond à un besoin ECS de 1380 Wh environ.

On calcule tout d'abord le nombre de puisage équivalent sur le pas de temps. Il s'agit de l'entier directement supérieur du rapport V_{ef_ecs} sur $V_{eq-un-usage}$:

$$N_{usage}(h) = \text{MAX} \left(1 ; \text{ENTIER} \left(\frac{V_{ef\_ecs}(h)}{V_{eq-un-usage}(h)} \right) \right) \quad (1868)$$

Selon notre hypothèse conventionnelle, le débit ECS maximal au pas de temps h , si tous les puisages avaient lieu de manière simultanés, serait donc $N_{usage}(h) \times 6 \text{ (l/min)}$. Le débit ECS effectif est calculé à partir de ce débit ECS maximal, en intégrant un facteur de concomitance :

Si $N_{usage}(h) = 1$:

$$qv_{ef\_ecs}(h) = 0,06 \times N_{usage}(h) \times 6 \text{ (l/min)} \times R_{temp}(h) \quad (1869)$$

Sinon

$$qv_{ef\_ecs}(h) = 0,06 \times N_{usage}(h) \times 6 \text{ (l/min)} \times R_{temp}(h) \times Y(h) \quad (1870)$$

Avec :

- 0,06 le coefficient de conversion des l/min en m^3/h ,
- 8 l/min le débit ECS nominal d'un point de puisage équivalent.
- Y le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages :

$$Y(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage}}(h) - 1}} \quad (1871)$$

La valeur prise par $Y(h)$ en fonction du nombre de puisage est illustrée ci-dessous :

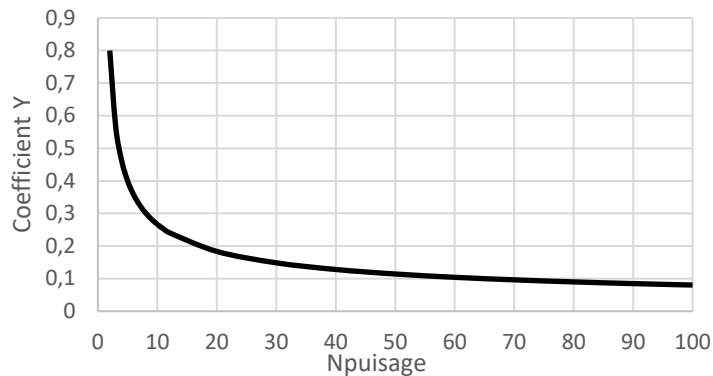


Figure 191: relation entre Y et Npuisage

Pour finir, on calcule la durée de puisage équivalente au pas de temps h , t_{puis} , exprimée en fraction d'heure. t_{puis} servira uniquement à exprimer la durée de fonctionnement du circulateur primaire au pas de temps h .

Si $N_{\text{puisage}}(h) = 1$:

$$t_{\text{puis}}(h) = 2 \times 0,13 \quad (h) \quad (1872)$$

Sinon,

$$t_{\text{puis}}(h) = \text{MIN}(1; N_{\text{puisage}}(h) \times Y(h) \times 0,13) \quad (h) \quad (1873)$$

Avec :

- 0,13 le rapport entre la durée d'un puisage équivalent (8 minutes) et la durée d'une heure (60 minutes),

La valeur de t_{puis} en fonction du nombre de puisages est illustrée ci-dessous :

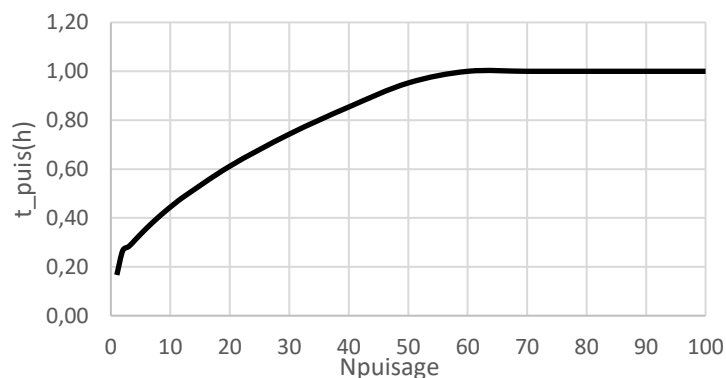


Figure 192: relation entre t_{puis} et Npuisage

9.12.3.2 Accumulateur en eau technique avec échangeur externe de production ECS

Ce paragraphe s'applique dès lors que $Type\_Accumulateur\_ECS = 2$) *Ballon en eau technique avec échangeur externe (préparateur)*.

9.12.3.2.1 Principe

L'échangeur externe est supposé associé au selon la configuration représentée ci-dessous :

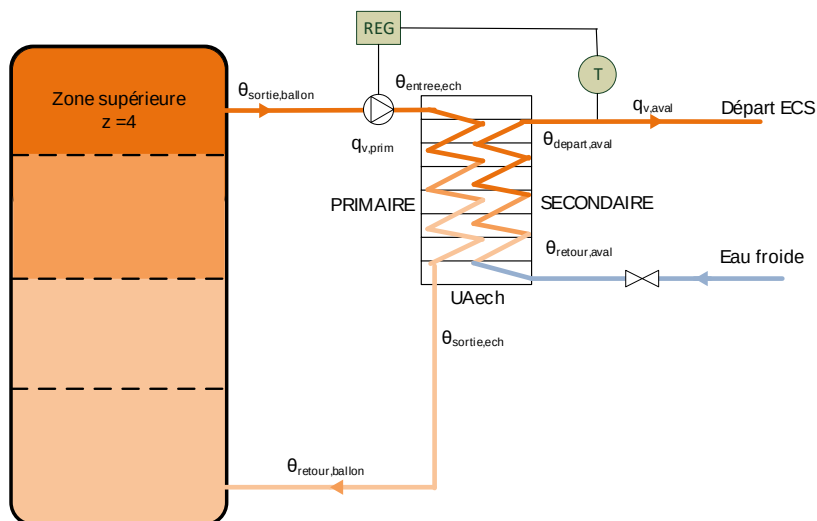


Figure 193: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur externe pour la production ECS avec réseau direct (sans bouclage)

Dans cette configuration, le débit d'eau circulant dans l'échangeur côté primaire peut être :

- soit constant, avec une vanne pilotant la température d'injection d'eau dans l'échangeur côté primaire, en fonction de la température de sortie du ballon et de la température départ aval,
- soit variable : dans ce cas, le débit primaire est ajusté en fonction de la puissance que doit fournir l'échangeur au secondaire.

A partir de ce débit primaire, du débit au secondaire calculé selon le §9.12.3.1 et du coefficient caractéristique UA_{ech} de l'échangeur, on détermine la température de retour au ballon $\theta_{retour,ballon}$ et la consommation du circulateur primaire.

Dans le cas d'un réseau ECS bouclé, l'échangeur externe n'est modélisé que lors des phases de puisages. Au cours des phases de réchauffage de boucle, une modélisation spécifique est réalisée (voir §9.12.3.2.4.2).

9.12.3.2.2 Conventions de calcul

La prise en compte des ballons en eau technique impose de définir un certain nombre de conventions supplémentaires par rapport à un ballon à ECS classique.

Tout d'abord, dans le cas des ballons en eau technique, le nombre de zone par ballon est fixé à 4 et, quelle que soit la fraction faux couverte par l'appoint, le ballon est décomposé en 4 zones de tailles identiques.

$$N_{zone} = 4 \quad (1874)$$

$$V_{zone} = \frac{V}{N_{zone}} \quad (1875)$$

Ces conventions sont listées dans le tableau ci-dessous :

Variable	Définition	Valeur conventionnelle
$Z_{\text{retour,ech,ext}}$	Indice de la zone du ballon sur laquelle est de raccordé le piquage retour de l'échangeur externe	1
$Z_{\text{retour,ech_boucle}}$	Indice de la zone du ballon sur laquelle est de raccordé le piquage retour de l'échangeur réchauffeur de boucle ECS	Selon $I_{\text{SRetour,boucle,separe}}$: Si Non, $Z_{\text{retour,ech_boucle}} = 1$, Si Oui, $Z_{\text{retour,ech_boucle}} = 3$
$Z_{\text{bas,ech}}$	Indice de la zone où se situe le bas de l'échangeur	1
$Z_{\text{haut,ech}}$	Indice de la zone où se situe le haut de l'échangeur	4

Tableau 287 : Nomenclature des différentes variables du modèle

Enfin, dans le cadre des ballons en eau technique, la température de consigne conventionnelle, à laquelle le générateur est maintenue, est modifiée. Elle dépend du type d'application du ballon en eau technique, individuel ou collectif :

<i>Type_Application</i>	0 : Accumulateur individuel	1 : Accumulateur collectif (avec ou sans bouclage)
Température de consigne θ_{cons}	55 °C	60 °C

Tableau 288 : Valeurs de températures de consigne conventionnelles pour les accumulateurs ECS en eau technique

On considèrera un accumulateur individuel (*Type_Application* = 0) dès lors que le volume est inférieur à 500l ou dès lors que l'installation prévoit un accumulateur par logement en usage d'habitation (par chambre en usage d'hébergement).

9.12.3.2.3 Préprocesseur pour le cas d'un échangeur externe

Afin de modéliser l'échangeur de production ECS externe, il nous faut déterminer la coefficient d'échange thermique de l'échangeur UA_{ech} à partir de la puissance thermique nominale P_{echECS} et du débit $q_{v,\text{prim,nom}}$ déclarés en paramètres. Ce calcul n'est réalisé qu'une seule fois, en début de simulation.

La puissance thermique nominale P_{echECS} , en kW, correspond à la puissance thermique de l'échangeur ECS pour les conditions suivantes :

- température primaire égale à θ_{cons} , selon valeurs du Tableau 288 ci-dessus,
- température d'eau froide de 15°C
- température d'ECS de 5°C inférieure à θ_{cons} (soit 50°C en accumulateur individuel et 55°C en collectif),
- débit primaire égal au débit primaire nominal $q_{v,\text{prim,nom}}$.

Le débit d'ECS circulant dans l'échangeur au point de fonctionnement nominal est le suivant:

$$q_{v,ECS,nom} = \frac{1000 \cdot P_{echECS}}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{cons} - 5^\circ C - 15^\circ C)} \quad (1876)$$

L'efficacité aux débits nominaux de l'échangeur de production ECS s'exprime comme suit:

$$\varepsilon_{eff,nom} = \frac{\theta_{cons} - 5^\circ C - 15^\circ C}{\theta_{cons} - 15^\circ C} \cdot \frac{MIN(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})}{q_{v,ECS,nom}} \quad (1877)$$

Et le rapport des débits est le suivant:

$$R_{d,nom} = \frac{MIN(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})}{MAX(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})} \quad (1878)$$

L'étape suivante consiste à calculer le coefficient UAech par inversion de la méthode du NUT, en faisant l'hypothèse d'un échangeur contre-courant. On utilise la méthode de résolution itérative de Brent, déjà utilisée à d'autres emplacements de la méthode Th-BCE (voir par exemple C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques).

En préalable à cette résolution, on initialise UAech à la valeur suivante :

$$UA_{ech} = 50 \cdot P_{echECS} \quad (W/K) \quad (1879)$$

A chaque itération i de la méthode de résolution, l'objectif est d'atteindre $|\Delta\varepsilon(i)| < 0,01$ avec $\Delta\varepsilon(i)$ calculé comme suit :

$$NUT(i) = \frac{3600 \cdot UA_{ech}(i)}{\rho_e \cdot c_e \cdot MIN(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})} \quad (1880)$$

$$\varepsilon_{eff}(i) = \frac{1 - e^{-NUT(i) \cdot (1 - R_{d,nom})}}{1 - R_{d,nom} \cdot e^{-NUT(i) \cdot (1 - R_{d,nom})}} \quad (1881)$$

$$\Delta\varepsilon(i) = \varepsilon_{eff,nom} - \varepsilon_{eff}(i) \quad (1882)$$

A l'issue de la résolution, UAech est pris égal au dernier UAech(i) de la résolution. Ce coefficient UAech sera supposé constant pour l'ensemble des valeurs de débits ECS ou primaires susceptibles d'être fournies en entrée du calcul, au cours de la simulation.

9.12.3.2.4 Modélisation d'un puisage ECS : cas des assemblages base seule ou base et appoint intégré (Type_Assemblage = 0 ou 1)

Le présent paragraphe est appliqué dans le cas où $V_{ef,eCS} > 0 \text{ m}^3$ (puisage ECS) au pas de temps h.

L'objectif de l'algorithme est de calculer la température retour ballon et le volume d'eau prélevé au ballon en fonction des températures et débits du réseau ECS. Pour cela, on commence par calculer l'efficacité de l'échangeur externe, puis on applique la boucle itérative de puisage prévue dans la méthode Th-BCE, chapitre C_STO_gestion_régulation_ballon et, enfin, on calcule les consommations du circulateur primaire. C'est l'objet du §9.12.3.2.4.1 ci-dessous.

Etant donné que le réchauffage de boucle est modélisé séparément, le besoin ECS comptabilisée au niveau de la boucle de puisage, $Q_{w\_sto\_unit}$, lors de la première itération (i=0), est corrigée en déduisant la part de besoin correspondant au réchauffage de boucle :

$$Q_{wstounit} (i = 1) = Q_{wstounit} (i = 1) - Q_{wrechauboucle}(h) \quad (1883)$$

Cette correction n'est pas applicable en l'absence de réseau ECS bouclé.

9.12.3.2.4.1 Modélisation de l'échangeur externe de production ECS (puisage)

Pour la modélisation du puisage, le débit aval de l'échangeur externe (au secondaire) est considéré égal au débit ECS moyen calculé au §9.12.3.1. La température entrant au secondaire l'échangeur est la température d'eau froide :

$$q_{v,aval}(h) = q_{v,ef,ecs}(h) \quad (1884)$$

$$\theta_{retour,aval}(h) = \theta_{ef}(h) \quad (1885)$$

Efficacité de l'échangeur externe ECS :

Avant d'entrer dans la boucle itérative de puisage, on calcule l'efficacité de l'échangeur externe, $\varepsilon_{eff}(h)$ selon la méthode du NUT, en faisant l'hypothèse d'un échangeur à contre-courant.

Bien que les débit côté distribution et primaire, $q_{v,ef,ecs}(h)$ et $q_{v,prim}(h)$, puissent varier, on fera l'hypothèse que le coefficient d'échange UA_{ech} reste applicable.

On calcule le débit primaire à appliquer au pas de temps h:

Cas d'un réseau primaire à débit constant (TypeCirculateurPrep_ECS= 0: à vitesse constante):

$$q_{v,prim}(h) = q_{v,prim,nom} \quad (1886)$$

Cas d'un réseau primaire à débit variable (TypeCirculateurPrep_ECS= 1: à vitesse variable):

Dans le cas d'un réseau primaire à débit variable, le débit primaire est supposé évoluer linéairement en fonction du rapport des débits ECS. Le débit primaire ne peut pas descendre sous un débit minimum $Modmin \times q_{v,prim,nom}$.

Ainsi :

$$q_{v,prim}(h) = MAX\left(\frac{q_{v,aval}(h)}{q_{v,ECS,nom}}; Modmin\right) \times q_{v,prim,nom} \quad (1887)$$

Le nombre d'unité thermique NUT(h) de l'échangeur ECS est défini par la relation suivante :

$$NUT(h) = \frac{3600. UA_{ech}}{\rho_e. c_e. MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))} \quad (1888)$$

Le rapport déséquilibre de l'échange thermique $Rd(h)$ est, quant à lui, calculé comme suit :

$$Rd(h) = \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))}{MAX(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))} \quad (1889)$$

Si $Rd(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1890)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1 - Rd(h))}}{1 - Rd(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1 - Rd(h))}} \quad (1891)$$

Enfin, on souhaite calculer la température requise en entrée de l'échangeur côté ballon pour pouvoir réchauffer l'eau du réseau de distribution. Cette température est notée $\theta_{entree\_ech}(h)$. Elle dépend de l'efficacité de l'échangeur au pas de temps h, des débits de part et d'autre de ce dernier, ainsi que des températures départ et retour côté bâtiment :

$$\theta_{entree\_ech}(h) = \theta_{retour,aval}(h) + \frac{q_{v,aval}(h)}{\varepsilon_{eff}(h) \cdot \min(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))} \cdot (\theta_{depart,aval} - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1892)$$

Calcul à l'intérieur de la boucle itérative de puisage :

A chaque itération i de la boucle de puisage ECS, on applique la procédure du présent paragraphe.

La capacité à assurer le puisage dans le ballon va dépendre de la température de la zone du ballon à laquelle est raccordée le piquage départ connecté à l'échangeur externe, notée $\theta_{sortie,ballon}(i)$. Cette dernière est prise égale à la température de la zone du ballon à laquelle le piquage est connecté à l'issue de l'itération précédente :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{b[zp]}(i - 1) \quad (1893)$$

Condition : Si $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{entree\_ech}(h)$, le puisage peut être assuré au moins en partie.

Cas d'un réseau primaire à débit constant (TypeCirculateurPrep_ECS= 0: à vitesse constante):

La température en entrée de l'échangeur est pilotée par une vanne trois voies de manière à atteindre $\theta_{entree\_ech}(h)$, d'où :

$$\theta_{sortie\_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{\min(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))}{q_{v,aval}(h)} \cdot (\theta_{entree,ech}(h) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1894)$$

Cas d'un réseau primaire à débit variable (TypeCirculateurPrep_ECS= 1: à vitesse variable):

La température est directement la température de sortie du ballon de stockage, sans vanne intermédiaire, d'où:

$$\theta_{sortie\_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{\min(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))}{q_{v,aval}(h)} \cdot (\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1895)$$

Dans les deux cas, la température retour ballon est égale à la température de sortie de l'échangeur :

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie\_ech}(i) \quad (1896)$$

On calcule également le volume prélevé dans le ballon au cours de l'itération de puisage, qui est plafonné par le volume minimal de zone du ballon V_{zmin} :

$$V_{\text{puisage}}(i) = \frac{Q_{w,\text{sto},\text{unit}}(i)}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{\text{sortie,ballon}}(i) - \theta_{\text{sortie\_ech}}(i))} \quad (1897)$$

$$V_p(i) = \text{MIN}(V_{\text{puisage}}(i); V_{z\text{min}}) \quad (1898)$$

$$\text{Avec } \theta_{\text{sortie,ballon}}(h) = \theta_{b[\text{zp}]}(i)$$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{w,\text{sto},\text{unit},\text{report}}(i) = Q_{w,\text{sto},\text{unit}}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{\text{sortie,ballon}}(h) - \theta_{\text{sortie\_ech}}(h)) \quad (1899)$$

Sinon, dans le cas où $\theta_{\text{sortie,ballon}}(h) < \theta_{\text{entree\_ech}}(h)$, la température du ballon est insuffisante pour assurer le puisage. L'échangeur n'est pas alimenté en eau, et la quantité d'énergie à fournir est reportée soit sur un appoint intégré, soit au pas de temps suivant:

$$\theta_{\text{sortie\_ech}}(i) = \theta_{\text{amb}}(h) \quad (1900)$$

$$V_{\text{puisage}}(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1901)$$

$$V_p(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1902)$$

$$Q_{w,\text{sto},\text{unit},\text{report}}(i) = Q_{\text{req}}(h) \quad (1903)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$\text{ArretPuisage}(i) = \text{vrai} \quad (1904)$$

A la fin de chaque itération i, les températures du ballon et la quantité de chaleur $Q_{w,\text{sto},\text{unit}}(i+1)$ sont recalculées selon les modalités du chapitre C_Sto_Ballon_de_Stockage de la méthode Th-BCE.

Pour rappel, la boucle itérative de bouclage se termine quand la condition suivante est remplie :

$$\begin{aligned} &\text{Si } \text{ArretPuisage}(i) = \text{vrai} \\ &\text{OU } Q_{w,\text{sto},\text{unit},\text{report\_e}}(i) = 0 \text{ Wh} \\ &\text{OU } V_p(i) = 0 \text{ m}^3, \text{ alors :} \\ &\quad \text{Fin de la boucle itérative de puisage} \end{aligned} \quad (1905)$$

Ici se termine la procédure spécifique à la boucle itérative de puisage.

En l'absence de distribution ECS bouclée, la quantité d'énergie reportée est calculée comme suit :

$$Q_{w,\text{sto},\text{unit},\text{report}}(h) = Q_{w,\text{sto},\text{unit},\text{report}}(i) \quad (1906)$$

Calcul de la consommation électrique du circulateur primaire lors du puisage :

A l'issue de l'application de la boucle de puisage, que le puisage ait pu être assuré ou non, la consommation de circulateur primaire est comptabilisée au pas de temps h de la manière décrite ci-dessous :

Pour un circulateur à vitesse constante (Type_{CirculateurPrep_ECS} = 0: à vitesse constante):

Le circulateur fonctionne à sa puissance nominale, pendant une durée égale à la durée du puisage ECS:

$$W_{circ,prim,puis}(h) = Pw_{circprim} \cdot t_{puis}(h) \quad (1907)$$

Pour un circulateur à vitesse variable (TypeCirculateurPrep_ECS = 1: à vitesse variable):

Concernant la consommation de circulateur à vitesse variable, on suppose une relation similaire à celle d'un circulateur de distribution de chauffage à pression différentielle constante, telle qu'exprimée dans le chapitre C-DIST-Gestion/régulation des distributions de chauffage et de refroidissement du groupe de la méthode Th-BCE :

$$W_{circ,prim,puis}(h) = \text{MIN} \left[1; \left(\frac{q_{vprim}(h)}{q_{vprimnom}} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot Pw_{circprim} \cdot t_{puis}(h) \quad (1908)$$

A titre d'illustration, est l'évolution du rapport des puissances de circulateur à charge partielle en fonction du rapport des débits dans le cas vitesse variable représentée ci-dessous (avec Modmin = 0,3):

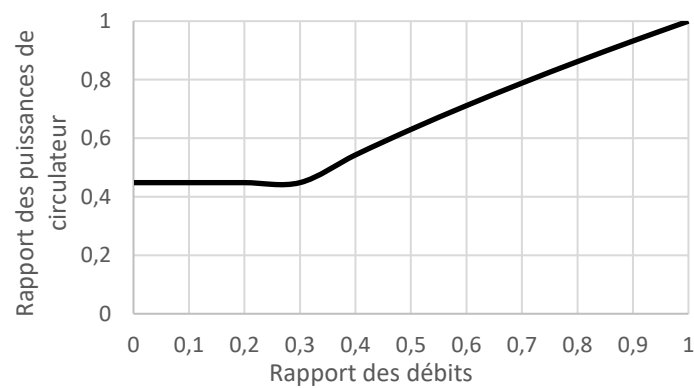


Figure 194: rapport des puissances de circulateur en fonction du rapport des débits d'eau

9.12.3.2.4.2 Modélisation du réchauffage de boucle ECS par le ballon

Dans le cas d'un réseau ECS bouclé ($q_{v_{boucleecs}}(h) > 0$), on modélise séparément le prélèvement d'énergie correspondant au réchauffage du réseau bouclé ECS.

Deux cas de figure peuvent se présenter lorsque le ballon fonctionne en réchauffage de boucle :

- Soit le piquage retour est identique à celui utilisé lors des puisages. Dans ce cas, on injecte en partie basse du ballon de l'eau à température proche de la température retour de bouclage ECS, ce qui a pour effet de nuire à la stratification de l'ensemble.
- Soit le piquage retour est séparée lors des phases de réchauffage de boucle ECS ($Is_{Retour,boucle,separe} = 1$: *Oui*). Dans ce cas, on supposera ce piquage retour intervient en zone trois, que donc seules les deux zones hautes du ballon sont affectées par le prélèvement d'énergie nécessaire au réchauffage de la boucle.

Le réchauffage de boucle est modélisé par une dernière itération de puisage, à l'issue des calculs du §9.12.3.2.4.1, qu'il y ait eu un puisage ou non au pas de temps h . On utilise une représentation simplifiée, sans prendre en compte d'échangeur intermédiaire.

Le volume d'eau équivalent prélevé à la zone supérieure du ballon lors cette dernière itération est calculé comme suit :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{b[zp]}(i - 1) \quad (1909)$$

$$V_{puisage}(i) = \frac{Q_{w_{rechauboucle}}(h)}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{sortie_{ech}}(h))} \quad (1910)$$

A la suite de ce prélèvement d'énergie, les températures du ballon sont à nouveau recalculées.

Si l'énergie disponible dans la zone haute du ballon est insuffisante pour assurer le réchauffage de la boucle ECS, il n'y a pas de prélèvement d'énergie. La quantité d'énergie $Q_{w,sto,unit,report}(i_{RB})$ de la dernière itération de réchauffage de boucle est ajoutée à la quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de la boucle itérative de puisage ($Q_{w,sto,unit,report}(i - 1)$), soit :

$$Q_{w,sto,unit,report}(h) = Q_{w,sto,unit,report}(i_{RB}) + Q_{w,sto,unit,report}(i - 1) \quad (1911)$$

Par ailleurs, on calcule consommation électrique du circulateur pour la phase de réchauffage de boucle $W_{circ,prim,RB}(h)$:

$$W_{circ,prim,RB}(h) = P_{w_{circprim,RB}} \cdot (1 - \tau_{puis}(h)) \quad (1912)$$

La consommation totale de circulateur primaire au pas de temps h est enfin :

$$W_{circ,prim}(h) = W_{circ,prim,puis}(h) + W_{circ,prim,RB}(h) \quad (1913)$$

9.12.3.2.4.3 Alerte sur le nombre d'heures successives en situation de report d'énergie

A l'issue de la dernière itération de la boucle puisage et de la modélisation du réchauffage de boucle ECS par le ballon, on dispose de la quantité d'énergie reportée au pas de temps $h+1$, $Q_{w,sto,unit,report}(h)$.

Si le nombre d'heures successives où $Q_{w,sto,unit,report}(h)$ est non-nul dépasse les 12h, le calcul renvoie un message d'erreur et est suspendu.

9.12.3.2.5 Algorithme au pas de temps horaire : cas spécifique de l'assemblage base dans un ballon principal et appoint dans un ballon séparé (Type_Assemblage = 2)

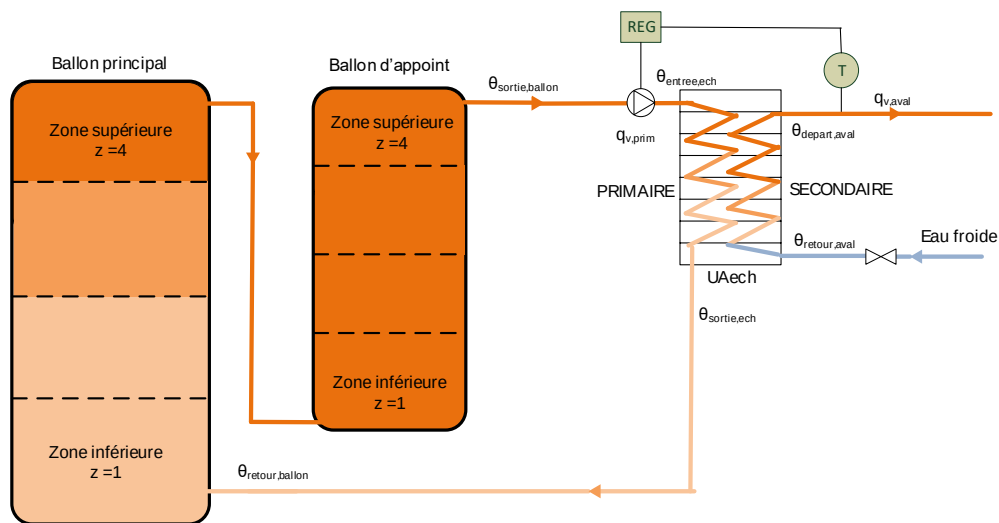


Figure 195: schéma d'illustration de l'assemblage Base et appoint dans stockage séparé avec échangeur externe pour la production ECS (sans bouclage)

Dans le cas d'un assemblage de type base et appoint dans ballon séparé (Type_Assemblage = 2, voir schéma ci-dessus), les éléments d'algorithmes évoqués au §9.12.3.2.4, pour un seul ballon de stockage, restent applicables. La boucle itérative est modifiée selon les modalités mentionnées dans le chapitre S2_ GEN_ Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballon et d'un ou plusieurs générateurs de la méthode Th-BCE.

Dans le cas de l'échangeur externe, on pose les hypothèses suivantes :

- La zone haute du ballon d'appoint est connectée à l'entrée de l'échangeur externe ECS,
- L'eau sortant de l'échangeur externe côté primaire est injectée en partie basse du ballon principal, à la température $\theta_{\text{retour,ballon}}$,
- La zone haute du ballon principal est connectée à la zone basse du ballon appoint,
- Dans le cas où le piquage retour est séparée lors des phases de réchauffage de boucle ECS ($Is_{\text{Retour,boucle,separe}} = 1$: Oui), on supposera que ce dernier est connecté à la zone 1 du ballon d'appoint.

9.12.3.2.6 Algorithme au pas de temps horaire : cas spécifique de l'assemblage

appoint séparé instantané (Type_Assemblage = 3)

Dans le cas spécifique des assemblages à appoint séparé instantané, l'assemblage peut jouer uniquement un rôle de préchauffage de l'eau, sans l'amener à la température départ voulue. Un générateur d'appoint, connecté en série de l'échangeur sur le secondaire, vient alors compléter la puissance apportée de manière à relever la température départ.

L'algorithme « **Calcul à l'intérieur de la boucle itérative de puisage** » décrit au § 9.12.3.2.4 est modifié comme suit :

Si $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{entree\_ech}(h)$, le puisage peut être assuré par le ballon seul. On applique les équations (1894) à (1899).

Sinon, si $\theta_{sortie,ballon}(i) > \theta_{retour\_aval}(h)$, l'échangeur externe peut assurer un rôle de préchauffage de l'eau. Dans ce cas, sa contribution au réchauffement de l'ECS est limitée par la température dont on dispose en sortie du ballon, d'où :

$$\theta_{entree\_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(h) \quad (1914)$$

$$\theta_{sortie\_ech}(i) = \theta_{entree\_ech}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v\_prim})}{q_{v\_prim}} \cdot (\theta_{entree\_ech}(i) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1915)$$

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie\_ech}(i) \quad (1916)$$

On calcule également le volume prélevé dans le ballon au cours de l'itération de puisage, qui est plafonné par le volume minimal parmi ceux des zones du ballon, V_{zmin} :

$$V_{puisage}(i) = q_{v\_prim} \quad (1917)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1918)$$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie\_ech}(h)) \quad (1919)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = vrai \quad (1920)$$

Par ailleurs, le paragraphe 9.12.3.2.4.3 relatif aux alertes en cas de report d'énergie prolongé n'est pas applicable au cas de l'appoint séparé instantané, dans la mesure où un générateur assure nécessairement le rôle d'appoint dans ce cas.

9.12.3.3 Accumulateur en eau technique avec échangeur immergé de production ECS

Ce paragraphe s'applique dès lors que $Type\_Accumulateur\_ECS = 1$) *Ballon en eau technique avec échangeur interne*.

Ce type d'accumulateur n'est pas associable avec un assemblage de type base dans un ballon principal et appoint dans un ballon séparé ($Type\_Assemblage = 2$). Ainsi, si $Type\_Accumulateur\_ECS = 1$ et $Type\_Assemblage = 2$, un message d'erreur est renvoyé avant le lancement du calcul.

9.12.3.3.1 Principe

L'objectif de l'algorithme est de calculer la température retour ballon et la quantité d'énergie prélevée dans les différentes zones du ballon en fonction des températures et du débit côté bâtiment.

Dans le cas d'un échangeur interne, l'eau sanitaire circule dans un échangeur immergé dans le ballon (ou double peau) partant du bas du ballon, jusqu'en haut du ballon, tel que représenté en Figure 196. Le débit d'eau circulant dans cet échangeur est directement le débit ECS, sans circulateur supplémentaire.

On introduit $h_{bas,ech,rel}$ et $h_{haut,ech,rel}$, les hauteurs relatives du bas et du haut de l'échangeur par rapport à la hauteur de cuve, exprimées en % (0-100%), telles que représentées ci-dessous :

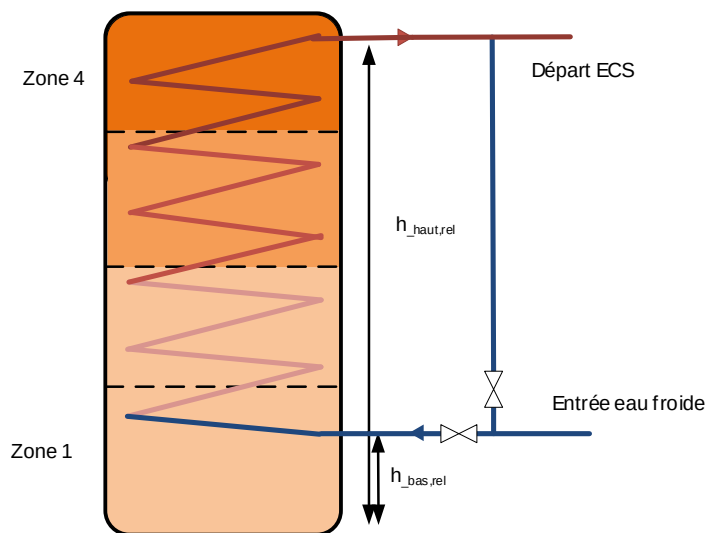


Figure 196: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur interne de production ECS

9.12.3.3.2 Conventions de calcul

Là encore, le nombre de zone par ballon est fixé à 4 et, quelle que soit la fraction faux couverte par l'appoint, le ballon est décomposé en 4 zones de tailles identiques.

$$N_{zone} = 4 \quad (1921)$$

$$V_{zone} = \frac{V}{N_{zone}} \quad (1922)$$

Par ailleurs, conventionnellement, l'échangeur interne est supposé couvrir l'intégralité de la hauteur du ballon: $h_{haut,ech,rel} = 100\%$ et $h_{bas,ech,rel} = 0\%$. On considérera que cet échangeur est réparti uniformément sur toute sa longueur, et que, par conséquent, le coefficient d'échange thermique entre l'échangeur et le ballon est le même sur chacune des zones du ballon (voir relation (1927)).

9.12.3.3.3 Préprocesseur pour le cas d'un échangeur interne

Afin de modéliser l'échangeur de production ECS interne, il nous faut déterminer la coefficient d'échange thermique de l'échangeur UA_{ech} à partir de la puissance thermique nominale P_{echECS} . Ce calcul n'est réalisé qu'une seule fois, au début de la simulation.

La puissance thermique nominale P_{echECS} , en kW, correspond à la puissance thermique de l'échangeur interne ECS pour les conditions suivantes :

- ballon stabilisé à sa température de consigne θ_{cons} , selon valeurs du Tableau 288,
- température d'eau froide de 15°C,
- température d'ECS de 5°C inférieure à θ_{cons} (soit 50°C en accumulateur individuel et 55°C en collectif).

Le débit d'ECS circulant dans l'échangeur au point de fonctionnement nominal est le suivant:

$$q_{v,ECS,nom} = \frac{1000 \cdot P_{echECS}}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{cons} - 5^\circ C - 15^\circ C)} \quad (1923)$$

Le coefficient UA_{ech} à ce point de fonctionnement nominal est calculé à partir des équations suivantes (description équivalente de l'échangeur en considérant un débit primaire infini):

$$\varepsilon_{eff,nom} = \frac{50^\circ C - 15^\circ C}{\theta_{cons} - 15^\circ C} \quad (1924)$$

$$NUT_{nom} = -\ln(1 - \varepsilon_{eff,nom}) \quad (1925)$$

$$UA_{ech} = \rho_e \cdot c_e \cdot q_{v,ECS,nom} \cdot NUT_{nom} \quad (1926)$$

Le coefficient de transfert thermique de l'échangeur interne, UA_{ech} est réparti pour chacune des zones qu'il traverse, au prorata des tailles de ces zones et de la position de l'échangeur. Soit $UA_{ech[z]}$ le coefficient de transfert thermique correspondant à la portion qui traverse la zone d'indice z :

$$UA_{ech[z]} = \frac{V_{zone}}{V} \cdot UA_{ech} \quad (1927)$$

9.12.3.3.4 Algorithme au pas de temps horaire : cas des assemblages base seule ou base et appoint intégré (Type_Assemblage = 0 ou 1)

9.12.3.3.4.1 Modélisation de l'échangeur interne de production ECS (puisage)

Pour la modélisation du puisage, le débit aval circulant à l'intérieur de l'échangeur interne est considéré égal au débit ECS moyen calculé au §9.12.3.1. La température entrant dans l'échangeur est la température d'eau froide :

$$q_{v,aval}(h) = q_{v,ef,ecs}(h) \quad (1928)$$

$$\theta_{retour,aval}(h) = \theta_{ef}(h) \quad (1929)$$

Dans un premier temps, pour chaque zone du ballon, on définit un Nombre d'Unité Thermique $NUT_{ech[z]}(h)$ par la relation suivante :

Pour z allant de 1 à N_{zone} :

$$NUT_{ech[z]}(h) = \frac{UA_{ech[z]}}{q_{v,aval}(h) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1930)$$

Calcul à l'intérieur de la boucle itérative de puisage :

Chaque zone du ballon peut fournir à l'échangeur une quantité d'énergie qui dépend de sa température initiale. En parallèle, la quantité d'énergie fournie réduit la température des zones au fur et à mesure où le puisage s'effectue. Ainsi, il peut potentiellement survenir un instant « t » où la température en sortie d'échangeur devient inférieure à la température d'ECS souhaitée.

Pour prendre en compte cette logique, on recourt à la simplification suivante :

- le calcul utilise sur une boucle itérative à l'intérieur du pas de temps. A chaque itération, on réalise un nouveau calcul des températures de zone et de sortie d'échangeur en ne considérant qu'une fraction de la quantité d'énergie totale puisée, $Q_{iter,ecs}$, équivalente à une diminution globale de la température de ballon de 2°C. Ce pas d'itération est choisi pour que la dérive de température de sortie soit suffisamment faible sur une itération donnée,
- à chaque itération, si la température en sortie d'échangeur $\theta_{sortie,ballon}$ est suffisante, le puisage a lieu. Dans le cas contraire, on reporte la quantité d'énergie qui n'a pas pu être prélevée dans $Q_{w-sto-int-report}(i)$.

Soit « i » l'entier utilisé comme indice de la boucle itérative. Chaque itération de la boucle se voit attribuer une fraction du besoin ECS égale à $Q_{iter,ecs}$, calculée comme expliquée plus haut :

$$Q_{iter} = V_{tot} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot 2^\circ C \quad (1931)$$

Ensuite, au cours de l'itération :

$$Q_w(i) = MIN(Q_{w-sto-unit}(i) ; Q_{iter,ecs}) \quad (1932)$$

Pour la zone d'indice $z = 1$:

$$Q_{max[1]}(i) = V_{[1]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot MAX(0 ; \theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1933)$$

$$\Delta\theta_{deb[1]}(i) = MAX\left(0 ; \frac{\theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{retour,aval}(h)}{\frac{1}{NUT_{ech[1]}(h)} + 0,5}\right) \quad (1934)$$

Pour chaque zone d'indice $z > 1$:

$$Q_{max[z]}(i) = V_{[z]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot MAX(0 ; \theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{entrant}(h)) \quad (1935)$$

$$\Delta\theta_{deb[z]}(i) = MAX\left(0 ; \frac{\theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{retour,aval}(h) - \sum_{k=1}^{z-1} \Delta\theta_{deb[k]}(i)}{\frac{1}{NUT_{ecs[z]}(h)} + 0,5}\right) \quad (1936)$$

La température de puisage ECS disponible au début de l'itération i est donc :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{entrant}(h) + \sum_{z=1}^{Nzone} \Delta\theta_{deb[z]}(i) \quad (1937)$$

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{depart,aval}(h)$: à cette itération, les températures à l'intérieur du ballon sont suffisantes pour puiser à la température souhaitée. On prélève une quantité d'énergie dans chaque zone proportionnellement à sa contribution à l'élévation de la température d'ECS :

Pour chaque zone d'indice z :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{retour,aval}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1938)$$

Cas $\theta_{sortie,ballon}(i) < \theta_{depart,aval}(h)$: à cette itération, les températures à l'intérieur du ballon ne sont pas suffisantes pour puiser à la température d'usage souhaitée.

$$Q_{prelevee[z]}(i) = 0 \text{ Wh} \quad (1939)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i) = Q_{w-sto-unit}(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1940)$$

9.12.3.3.4.2 Modélisation du réchauffage de boucle ECS par le ballon

Dans le cas d'un réseau ECS bouclé ($qv_{boucleecs}(h) > 0$), on modélise séparément le prélèvement d'énergie correspondant au réchauffage du réseau bouclé ECS. L'approche est identique à celle des échangeurs externes : voir §9.12.3.2.4.2.

9.12.3.3.4.3 Alerte sur le nombre d'heures successives en situation de report d'énergie

A l'issue de la dernière itération de la boucle puisage et de la modélisation du réchauffage de boucle ECS par le ballon, on dispose de la quantité d'énergie reportée au pas de temps $h+1$, $Q_{w,sto,unit,report}(h)$.

Si le nombre d'heures successives où $Q_{w,sto,unit,report}(h)$ est non-nul dépasse les 12h, le calcul renvoie un message d'erreur et est suspendu.

9.12.3.3.5 Algorithme au pas de temps horaire : cas spécifique de l'assemblage appoint séparé instantané (Type_Assemblage = 3)

Dans le cas spécifique des assemblages à appoint séparé instantané, l'échangeur interne peut jouer uniquement un rôle de préchauffage de l'eau, sans l'amener à la température départ voulue. Un générateur d'appoint, connecté en série avec l'échangeur, vient alors compléter la puissance apportée de manière à relever la température départ.

L'algorithme décrit au §9.12.3.3.4.2 devient alors le suivant :

Si $\theta_{sortie,ballon}(i) \geq \theta_{depart,aval}(h)$: le puisage peut être assuré par le ballon seul. On applique l'équation (1938) pour chaque zone du ballon.

Sinon, si $\theta_{sortie,ballon}(i) < \theta_{depart,aval}(h)$ et $\theta_{sortie,ballon}(i) > \theta_{retour,aval}(h)$, l'échangeur interne peut assurer un rôle de préchauffage de l'eau. Sa puissance thermique est limitée par la température en sortie du ballon. A chaque itération de puisage, il y a donc une certaine quantité d'énergie qui est couverte par le générateur d'appoint.

Le calcul de la quantité d'énergie prélevée dans le ballon est modifié de la manière suivante :

Pour chaque zone d'indice z :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{depart,aval}(h) - \theta_{retour,aval}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1941)$$

A l'itération i , la quantité d'énergie qui resterait à fournir pour atteindre $\theta_{depart,aval}(h)$ en sortie de production ECS est ajoutée à la part non-assurée par le ballon $Q_{non-assuree}(i)$:

$$Q_{non-assuree}(i) = Q_{non-assuree}(i-1) + Q_w(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1942)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i) = Q_{w-sto-unit}(i) - Q_w(i) \quad (1943)$$

Ici se termine l'algorithme relative à une itération de la boucle de puisage.

A l'issue de la boucle de puisage, la quantité d'énergie $Q_{non-assuree}(i)$ de la dernière itération est ajoutée à la quantité d'énergie totale à fournir par l'appoint ECS :

$$Q_{w-sto-unit-report}(h) = Q_{w-sto-unit-report}(i) + Q_{non-assuree}(i) \quad (1944)$$

9.13 S1_GEN_générateur_pour_ballon

9.13.1 INTRODUCTION

Un ballon de stockage possède une ou plusieurs source(s) de chaleur. Le générateur, qu'il soit de base ou d'appoint, fournit une énergie au ballon en fonction de ces paramètres de gestion-régulation.

Pour les générateurs à eau, le transfert de chaleur s'effectue à l'aide d'un échangeur, placé dans ou autour du ballon de stockage. La présence d'un échangeur vient modifier les variables (température, énergie) vues par le générateur.

Le modèle ci-dessous décrit l'assemblage d'un générateur et d'un échangeur. L'assemblage se comporte, d'un point de vue algorithmique, comme un générateur : les données d'entrée (énergie requise, températures aval, etc.) et de sortie (énergie fournie, consommation, etc.) sont identiques.

9.13.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 289 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage.

Entrées du système						
Nom	Description	Unité				
$Q_{req\_sto}(h)$	Demande en énergie transmise à l'assemblage par le ballon (base ou appoint)	Wh				
$\theta_{b\_moy\_ech}(h)$	Température moyenne du ballon vue par l'échangeur d'un générateur (base ou appoint)	°C				
Paramètres intrinsèques du système						
Nom	Description	Unité	Min	Ma _x	Conv.	
	Voir fiche C_STO_échangeur_ballon Voir fiche générateur					
Paramètres d'intégration du système						
Nom	Description	Unité	Min	Ma _x	Conv.	
	Voir fiche C_STO_échangeur_ballon Voir fiche générateur					
Sorties						
Nom	Description	Unité				
$\{Q^{assemblage}_{cer}(h)\}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale de l'assemblage	Wh				
$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) générateur(s) vers l'ambiance.	Wh				
$Q_{fou\_sto}(h)$	Energie fournie au ballon (base ou appoint)	Wh				
Variables internes						
Nom	Description	Unité				
	Voir fiche(s) de l'assemblage					
$Q_{req\_sto\_base}(h)$	Demande en énergie transmise au générateur de base par le ballon	Wh				
$Q_{req\_sto\_ap}(h)$	Demande en énergie transmise au générateur d'appoint par le ballon	Wh				
Constantes						
Nom	Description	Unité	Conv.			
	Voir fiche(s) de l'assemblage					

Tableau 289 : Nomenclature du modèle

9.13.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DU GENERATEUR POUR STOCKAGE

L'assemblage est composé de deux modèles : un modèle de générateur et un modèle d'échangeur.

Les données d'entrée du modèle de générateur pour stockage sont :

- l'énergie requise, qui est une donnée calculée dans les fiches « gestion-régulation » (base ou appoint, selon le cas) ;
- la température moyenne du ballon vue par l'échangeur, calculée dans les algorithmes du ballon.

9.13.3.1 **Prétraitement des données**

L'assemblage attend une demande d'énergie de la part du ballon de stockage.

Pour un fonctionnement en base,

$$Q_{req\_sto} = Q_{req\_sto\_base} \quad (1945)$$

Pour un fonctionnement en appoint,

$$Q_{req\_sto} = Q_{req\_sto\_ap}$$

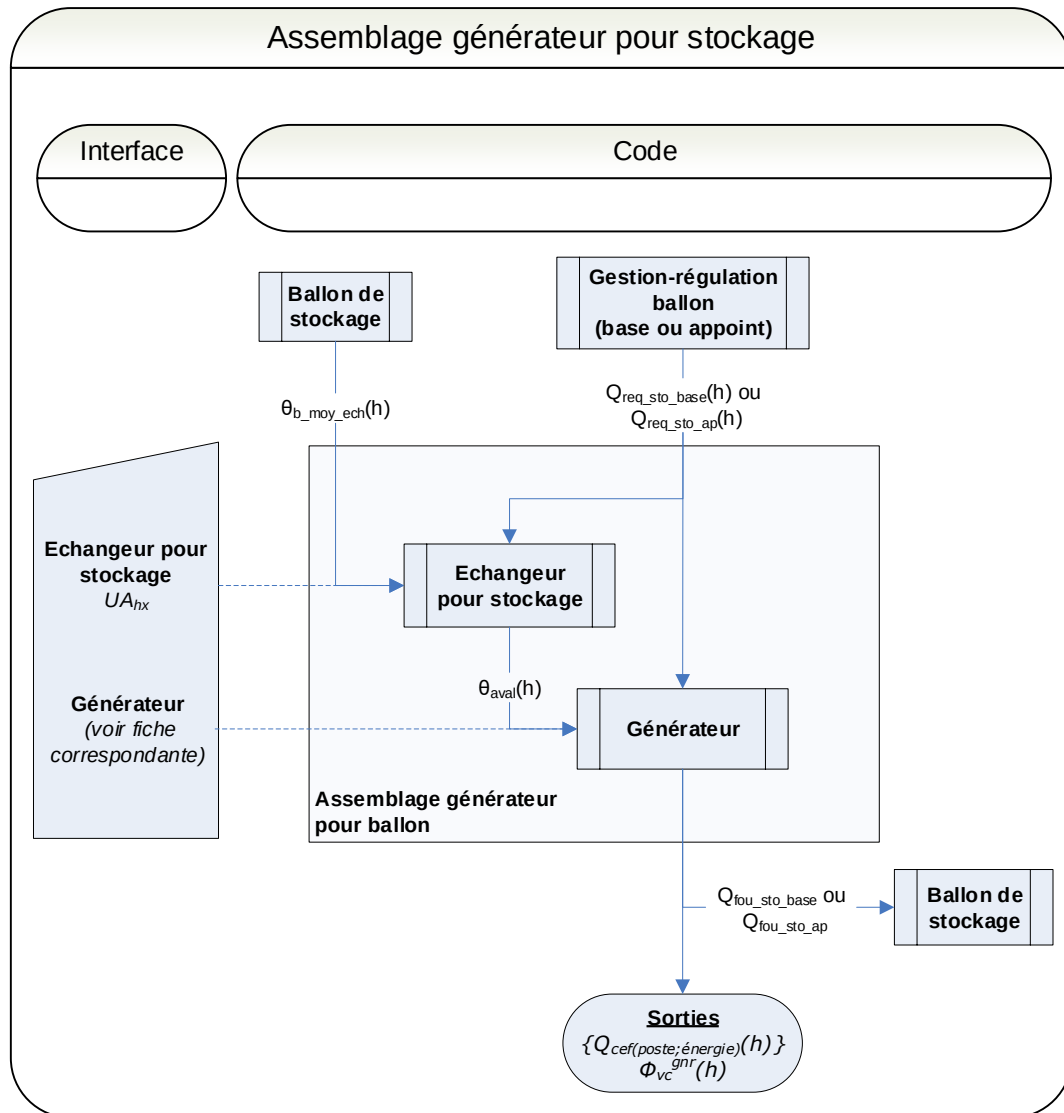
9.13.3.2 **Ordre des calculs**

1) Première étape : l'échangeur

Faisant le lien entre le ballon de stockage et le générateur, l'échangeur joue un rôle important dans la qualité du transfert de chaleur. Il est caractérisé par un coefficient d'échange UA (en W/K). L'impact d'un échangeur se traduit par une augmentation de la température de fluide primaire (θ_{aval}).

2) Deuxième étape : le générateur

L'échangeur ne modifie pas l'énergie requise au niveau du ballon. A partir de cette donnée calculée dans la gestion-régulation du ballon (base ou appoint) et de la nouvelle température aval du générateur, les algorithmes déterminent l'énergie qui sera fournie au ballon ainsi que la consommation du générateur et ses éventuelles pertes vers l'ambiance.

**Figure 197 : schéma d'assemblage du modèle de générateur pour stockage**

9.13.3.4 **Post-traitement des données**

La simulation donne les énergies fournies et consommées par le générateur. Elle donne aussi les pertes thermiques totales du générateur vers le volume chauffé.

9.13.3.4.1 **Energie fournie au ballon**

Pour un fonctionnement en base,

$$Q_{fou\_sto} = Q_{fou\_sto\_base} \quad (1946)$$

Pour un fonctionnement en appoint,

$$Q_{fou\_sto} = Q_{fou\_sto\_ap}$$

9.13.3.4.2 **Calcul des consommations d'ECS de l'assemblage**

La matrice des consommations en énergie finale de l'assemblage est égale à celle du générateur :

$$\{Q_{cef(poste;Idengen)}^{gnr}(h)\}$$

9.13.3.4.3 **Calcul des pertes thermiques récupérables du générateur**

De même, les pertes thermiques du générateur $\Phi_{vc}^{gnr}(h)$ est une donnée calculée dans les algorithmes du générateur.

On supposera que les pertes thermiques de l'échangeur vers le volume chauffé sont nulles.

9.14 S2_ GEN_ Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballon et d'un ou plusieurs générateurs

9.14.1 INTRODUCTION

Dans la méthode de calcul Th-BCE, les ballons de stockage d'eau chaude sont modélisés au sein d'assemblages contenant des générateurs, assurant le maintien en température du stockage, des échangeurs et un environnement de gestion-régulation.

Des modèles de ballon d'eau chaude, de gestion-régulation et de générateurs ont été décrits dans des fiches algorithmes « composant », communiquant entre elles via l'assemblage, au pas de temps horaire. On définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir un modèle, connecté ensuite aux réseaux de distribution du bâtiment, au travers du niveau « génération ».

9.14.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 290 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Les paramètres intrinsèques ou d'intégration des différents composants de l'assemblage (ballon, générateur...) ne sont pas rappelés dans la présente nomenclature.

Entrées du système

Nom	Description	Unité
$Q_{req\_ecs}(h)$ $Q_{req\_ch}(h)$	Quantité d'énergie à fournir en ECS et en chauffage au pas de temps h , calculée au niveau de la génération	Wh
$\theta_{max,ECS}^{gen}$ $\theta_{max,CH}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe connectés à la génération gen (en ECS ou en chauffage)	°C
$qv\_boucle\ ECS(h)$	Débit volumique circulant dans le réseau bouclé ECS	m ³ /h
$V\_soutire,ECS(h)$	Volume d'eau chaude non-mitigé (à la température départ) soutiré aux points de puisage au pas de temps h	m ³
$\theta_{retour,aval,ECS}(h)$	Température retour de la distribution ECS au pas de temps h	°C
$\theta_{depart,aval,ECS}(h)$	Température départ attendue par la gestion-régulation de la génération au pas de temps h	°C
$qv\_CH(h)$	Débit volumique total circulant dans le réseau de distribution de chauffage	m ³ /h
$\theta_{retour,aval,CH}(h)$	Température retour moyenne des distributions de chauffage au pas de temps h	°C
$\theta_{depart,aval,CH}(h)$	Température départ de chauffage attendue par la gestion-régulation de la génération au pas de temps h	°C
$Id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : chauffage, 2: refroidissement, 3: ECS)	-

Climat ext.	$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante autour des composants de l'assemblage	°C
	h_{leg}	Heure légale	h
	$\theta_{cw}(h)$	Température d'eau froide	°C
	$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur	°C

Paramètres intrinsèques du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$V_{tot}^{principal}$	Volume total du ballon principal	m ³	0	$+\infty$	
$V_{tot}^{secondaire}$	Volume total du ballon secondaire	m ³	0	$+\infty$	
f_{aux}	Fraction effective concernée par l'appoint dans le cas d'un ballon base+appoint	-	0	1	-
$V_{z,min}$	Volume minimal parmi ceux des zones du ballon principal et du ballon secondaire	m ³	0	$+\infty$	

(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)

Paramètres d'intégration du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$nb_{assembl}$	Nombre d'assemblages « ballon base solaire appoint intégré » identiques à considérer au niveau de la génération	-	1	$+\infty$	-
id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage: - 1 : Chauffage, - 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS,	Ent	1	5	-
Type _{prod_stockage}	Type de production avec stockage : 0- Ballon base sans appoint 1- Ballon base plus appoint intégré 2- Ballon base plus appoint dans stockage séparé 3- Ballon base plus appoint séparé instantané	Ent.	0	3	-
Id_{pos_gen}	Position de la génération : 1 : En volume chauffé, 0 : Hors volume chauffé.	Ent.	0	1	-

(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)

Sorties

Nom	Description	Unité
$\{Q_{assemblage_{cef}}(h)\}$	Matrice de consommation horaire d'eau chaude sanitaire en énergie finale de l'assemblage	Wh

$\Phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) ballon(s) de stockage vers l'ambiance.	Wh
$\Phi_{vc}^{gnr\_base}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) générateur(s) de base vers l'ambiance.	Wh
$\Phi_{vc}^{gnr\_ap}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) générateur(s) d'appoint vers l'ambiance.	Wh
$Q_{fou,ECS}(h)$ $Q_{fou,CH}(h)$	Quantité d'énergie fournie par l'assemblage au pas de temps h en ECS et chauffage	Wh
$Q_{rest,ECS}(h)$ $Q_{rest,CH}(h)$	Quantité d'énergie qui n'a pas pu être fournie par l'assemblage au pas de temps h en ECS et chauffage	Wh
$n b h_{temp\_sto\_insuff}$	Nombre d'heures consécutives pendant lesquelles le ballon n'a pas atteint sa température de consigne (zone chauffée par l'appoint).	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{entrant,ECS}(h)$ $\theta_{entrant,CH}(h)$	Température d'eau entrant dans l'assemblage production-stockage pour le poste ECS et le poste chauffage	°C
$Q_{w\_sto\_unit}(h)$	Quantité d'énergie à fournir par le ballon	Wh
$\phi_{pertes}(h)$	Pertes thermiques de l'ensemble du ballon de stockage au pas de temps h	Wh
(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)		

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

Tableau 290 : Nomenclature des différentes variables du modèle de ballon base avec échangeur et appoint intégré

9.14.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Ce paragraphe a pour objectif de préparer, à partir des informations de puissance et de température à fournir aux réseaux de distributions intergroupes (compilées par la gestion-régulation de la génération), le jeu de données d'entrées nécessaire aux différents modèles constituant l'assemblage. L'ordre des calculs est présenté ci-après.

Les données d'entrée sont :

1. Les informations issues de la gestion-régulation de la génération : les besoins demandés par le (ou les) distribution(s) intergroupe(s), la température maximale de fonctionnement,...
2. Des températures externes à l'assemblage qui influent sur le ballon.

9.14.3.1 Préprocesseur

Ce paragraphe consiste à évaluer des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et à calculer des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

9.14.3.1.1 Type de production

Les différents types d'assemblage constitué d'un ou plusieurs ballons et de générateurs sont les suivants :

Type_prod_stockage	Définition	Description
0	Base seule	Assemblage constitué d'un ballon et d'un générateur unique connecté au ballon par piquages ou échangeur
1	Base et appoint intégré	Assemblage constitué d'un ballon, d'un générateur principal (base) et d'un générateur secondaire (appoint) connectés au ballon par piquages ou échangeurs
2	Base et appoint dans un second ballon séparé	Assemblage constitué d'un ballon principal, associé à un générateur principal (base) et un ballon secondaire associé à un générateur secondaire (appoint)
3	Base et appoint séparé instantané	Assemblage constitué d'un ballon principal, associé à un générateur principal (base) et d'un générateur d'appoint placé en série du ballon

Tableau 291 : Liste des différents types d'assemblages

Ces assemblages permettent de modéliser des systèmes type :

- Ballon de stockage à effet joule
- Chauffe-eau thermodynamique
- Production collective par chaudière gaz, chaudière bois, pompe à chaleurs associées à un ou plusieurs ballons de stockage
- Chauffe-eau solaire individuel avec énergie d'appoint
- ...

9.14.3.1.2 Fonction de l'assemblage

L'assemblage peut assurer les fonctions suivantes :

- Chauffage seul ($Id_{fousto} = 1$),
- ECS seule ($Id_{fousto} = 3$),
- Chauffage et ECS ($Id_{fousto} = 4$),

Dans le cas d'un assemblage chauffage seul ou ECS seule, les générateurs de base et/ou d'appoint peuvent, en plus de réchauffer le ballon ou les ballons, assurer le chauffage par connexion directe au réseau de distribution, ou la production ECS instantanée ($Id_{fougen}^{base} = 4$ et/ou $Id_{fougen}^{ap} = 4$). Dans ce cas, pour le poste supplémentaire, ils sont traités comme des générateurs instantanés au sens de la fiche C_GEN_Gestion/régulation de la génération.

9.14.3.1.3 Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

9.14.3.1.4 Position du générateur de base

Par hypothèse, l'échangeur du générateur de base se situe dans la zone inférieure du ballon :

$$Z_{base} = 1 \quad (1947)$$

9.14.3.1.5 Température de consigne d'eau dans le ou les ballons

Chaque générateur connecté au ballon et associé à un thermostat de pilotage, pour lequel une température de consigne est définie. Plusieurs contraintes s'appliquent aux température de consigne définie pour les générateurs.

Dans le cas où l'assemblage contient un générateur de base et un générateur d'appoint, la température de consigne du générateur de base est nécessairement définie supérieure ou égale à la température de consigne du générateur d'appoint.

Dans le cas d'un ballon de stockage assurant l'ECS ($id_{fousto} = 3$ ou $id_{fousto} = 4$), la température de consigne θ_{c_base} ou θ_{c_ap} définie au niveau ne peut pas être inférieure à 55°C. Elle ne peut pas non plus être inférieure à la température de départ des réseaux de distribution d'ECS, $\theta_{max,ECS}^{gen}$.

De plus, dans le cas de ballon ECS seulement ($Id_{fousto} = 3$), la température de consigne des générateurs de base et appoint est définie conventionnellement à 55°C (elle n'est pas paramétrable) :

$$\theta_{c\_base} = \theta_{c\_ap} = 55 \text{ °C} \quad (1948)$$

Dans le cas d'un ballon d'hydroaccumulation pour le chauffage ($Id_{fousto} = 1$ ou $Id_{fousto} = 4$), la température de consigne des générateurs ne peut pas être inférieure à la température de départ maximale définie au niveau des réseaux de distribution de chauffage, $\theta_{max,CH}^{gen}$.

Dans le cas d'un assemblage avec un ballon principal et un ballon secondaire ($Type\_prod\_stockage = 2$), la consigne de la base θ_{c_base} est applicable au ballon principal et la consigne de l'appoint au ballon secondaire θ_{c_ap} .

9.14.3.1.6 Calcul du volume minimal de l'ensemble des zones du ou des ballons

Dans le cas d'un assemblage Base et appoint dans un second ballon séparé ($Type\_prod\_stockage = 2$) :

$$V_{z,min} = MIN(V_{z,min}^{principal}; V_{z,min}^{secondaire}) \quad (1949)$$

Où $V_{z,min}^{principal}$ et $V_{z,min}^{secondaire}$ sont les volumes de zone minimaux du ballon principal et du ballon d'appoint.

9.14.3.1.7 Calcul du nombre d'itérations maximal pour la boucle itérative

Le nombre total d'itérations servant à calculer le volume total puisé dans un ballon est égal à :

Cas d'un assemblage *Base seule* ($Type\_prod\_stockage = 0$) ou *Base et appoint séparé instantané* ($Type\_prod\_stockage = 3$) :

$$Nb_{iter\_vp} = 4$$

Cas d'un assemblage *Base et appoint intégré* ($Type\_prod\_stockage = 1$) :

$$Nb_{iter\_vp} = \text{arrondi}..inf \left(\frac{2}{\min(f_{aux}, 1 - f_{aux})} \right) \quad (1950)$$

Cas d'un assemblage *Base et appoint dans un second ballon séparé* ($Type\_prod\_stockage = 2$) :

$$Nb_{iter\_vp} = \text{arrondi}..inf \left(\frac{V_{tot}^{principal} + V_{tot}^{secondaire}}{V_{z,min}} \right)$$

9.14.3.2 *Traitement horaire dans le cas d'un assemblage à un seul ballon de stockage*

Le présent paragraphe concerne le traitement algorithmique réalisé à chaque pas de temps de simulation.

9.14.3.2.1 Schéma générique d'assemblage des composants

La figure ci-dessous représente les communications entre composants de l'assemblage dans un pas de temps de simulation :

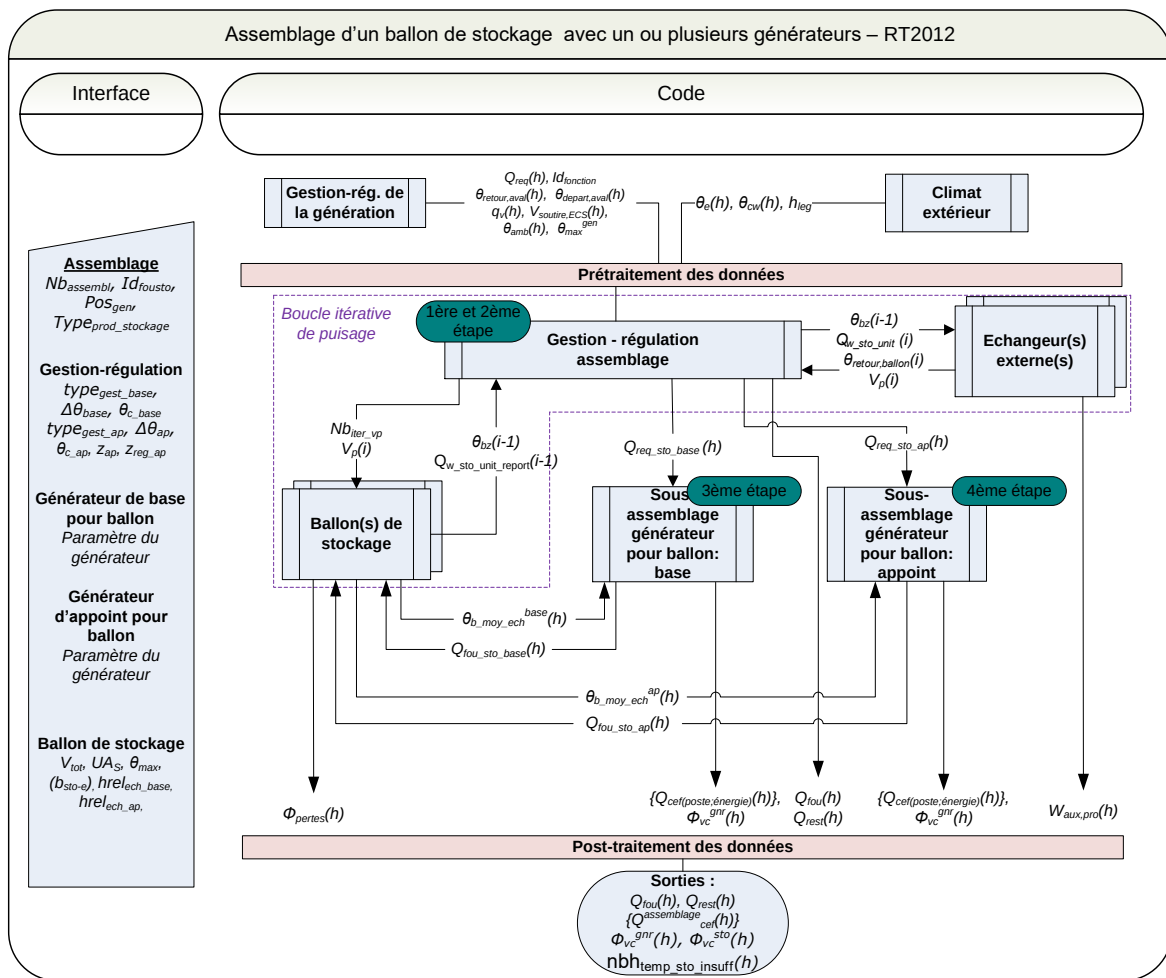


Figure 198 : Schéma générique d'un assemblage de ballons et de générateurs

9.14.3.2.2 Déroulement des calculs (cas générique)

Au début de pas de temps, le champ de température du ballon à la fin du pas de temps précédent est connu.

Quel que soit le type d'assemblage, les calculs sur un pas de temps se déroulent selon la trame suivante. En l'absence de générateur d'appoint, les étapes concernées ne sont pas prises en compte :

1. Première étape : volume puisé et énergie requise pour l'ECS

Par hypothèse, le puisage d'ECS est supposé intervenir en premier lieu, en aval d'un éventuellement prélèvement d'énergie stockée pour le chauffage des locaux.

La première étape débute par d'appel de la boucle itérative pour le calcul du volume puisé d'ECS. Ce calcul fait intervenir une communication itérative entre la fiche «C_STO_gestion_régulation_ballon », la fiche « C_STO_Ballon_de_stockage » et éventuellement la fiche « C_STO_échangeur_ballon».

La quantité d'énergie à fournir $Q_{req,ECS}(h)$, la température d'eau entrante (retour distribution bouclée $\theta_{retour,aval,ECS}(h)$ ou température d'eau froide $\theta_{cw}(h)$) ainsi que la température départ à assurer sont des données d'entrée de la présente fiche algorithme.

Dans le cas d'un réseau de distribution ECS bouclé, la température d'eau moyenne entrant dans l'assemblage $\theta_{entrant,ECS}(h)$ est calculée comme suit :

$$\theta_{entrant,ECS}(h) = \frac{V_{soutire,ECS}(h) \cdot \theta_{cw}(h) + qv_{boucleECS}(h) \cdot \theta_{retour,aval,ECS}(h)}{V_{soutire,ECS}(h) + qv_{boucleECS}(h)} \quad (1951)$$

La quantité d'énergie à fournir par le ballon est notée $Q_{w-sto-unit}(h)$. Lors de cette première étape, elle est calculée comme suit :

$$Q_{w-sto-unit}(h) = \frac{Q_{req,ECS}(h)}{Nb_{assemblage}} \quad (1952)$$

Le principe de la boucle itérative est le suivant : à chaque itération, le volume puisé calculé est envoyé aux algorithmes des ballons de stockage. Le volume puisé ne peut pas excéder le volume minimal de zone, $V_{z,min}$.

A chaque itération, les températures des ballons sont actualisées sans tenir compte ni des apports d'énergie ni des pertes de stockage.

Le nombre d'itération de la boucle ne peut pas excéder $Nb_{iter,vp}$.

A l'issue de la boucle itérative, si l'intégralité de la quantité d'énergie $Q_{req,ECS}(h)$ n'a pas pu être fournie, il subsiste une quantité d'énergie restant à couvrir, notée $Q_{restECS}(h)$:

$$Q_{restECS}(h) = Q_{w-sto-unit-report}(i - 1) \quad (1953)$$

Où « i-1 » représente ici la dernière itération de la boucle.

Par ailleurs, on introduit la quantité d'énergie fournie par l'assemblage en ECS :

$$Q_{fouECS}(h) = Q_{reqECS}(h) - Q_{restECS}(h) \quad (1954)$$

A la fin de la boucle itérative, le champ de température du ballon après le puisage est connu, ce qui

permet de quantifier l'énergie à fournir au ballon pour que ses températures atteignent la température de consigne.

2. Deuxième étape : quantité d'énergie prélevée pour le chauffage des locaux

La seconde étape est l'appel de la boucle itérative pour le calcul de la quantité d'énergie prélevée pour le chauffage des locaux. A l'instar de la première étape, ce calcul fait intervenir une communication itérative entre la fiche «C_STO_gestion_régulation_ballon», la fiche « C_STO_Ballon_de_stockage » et éventuellement la fiche « C_STO_échangeur_ballon».

La quantité d'énergie à fournir $Q_{req,CH}(h)$, la température d'eau entrante (retour distribution $\theta_{retour,aval,CH}$) ainsi que la température départ à assurer sont des données d'entrée du modèle. On fixe :

$$\theta_{entrant,CH}(h) = \theta_{retour,aval,CH}(h) \quad (1955)$$

La quantité d'énergie à fournir par le ballon est notée $Q_{w-sto-unit}(h)$. Lors de cette deuxième étape, elle est calculée comme suit :

$$Q_{w-sto-unit}(h) = \frac{Q_{req,CH}(h)}{Nb_{assemblage}} \quad (1956)$$

Le principe de la boucle itérative est le suivant : à chaque itération, le volume puisé calculé est envoyé aux algorithmes des ballons de stockage. Le volume puisé ne peut pas excéder le volume minimal de zone, $V_{z,min}$.

A chaque itération, les températures des ballons sont actualisées sans tenir compte ni des apports d'énergie ni des pertes de stockage.

Le nombre d'itération de la boucle ne peut pas excéder $Nb_{iter,vp}$.

A l'issue de la boucle itérative, si l'intégralité de la quantité d'énergie $Q_{req,CH}(h)$ n'a pas pu être fournie, il subsiste une quantité d'énergie restant à couvrir, notée $Q_{restCH}(h)$:

$$Q_{restCH}(h) = Q_{w-sto-unit-report}(i - 1) \quad (1957)$$

Où « i-1 » représente ici la dernière itération de la boucle.

Par ailleurs, on introduit la quantité d'énergie fournie par l'assemblage en chauffage :

$$Q_{fouCH}(h) = Q_{reqCH}(h) - Q_{restCH}(h) \quad (1958)$$

A la fin de la boucle itérative, le champ de température du ballon après le puisage a été modifié, ce qui permet de quantifier l'énergie à fournir au ballon pour que ses températures atteignent la température de consigne.

3. Troisième étape : quantité d'énergie fournie par le générateur de base

Au cours de cette troisième étape, on commence par appeler la gestion-régulation pour déterminer si le générateur de base est en fonctionnant, et la valeur de la quantité d'énergie qu'il doit fournir pour maintenir le ballon à sa température de consigne, $Q_{req,base}(h)$.

Si le générateur de base est autorisé à fonctionner, il est appelé pour déterminer la quantité d'énergie réellement fournie au ballon, dans la zone Z_{base} .

La température aval en entrée du composant générateur est celle de la zone z_{base} du ballon, majorée d'un correctif pour prendre en compte le transfert de chaleur au travers d'un échangeur de chaleur.

Après injection de l'énergie du générateur d'appoint dans le ballon, le champ de températures du ballon est recalculé.

4. Quatrième étape : quantité d'énergie fournie par le générateur d'appoint

Ce paragraphe n'est appelé que dans le cas où un appoint est présent dans l'assemblage (type d'assemblage égal à 1 : *Base et appoint intégré* ou 2 : *Base et appoint dans un second ballon séparé*).

A la suite du calcul de la quantité d'énergie fournie par la base, on fait de même pour le générateur d'appoint. Par hypothèse, celui-ci n'intervient que si le générateur de base n'a pas pu réchauffer le volume d'eau couvert par l'appoint (fraction f_{aux} du ballon), plus particulièrement la zone du ballon dans laquelle se situe la sonde de température de régulation de l'appoint ($z_{reg,app}$).

Le générateur d'appoint est appelé pour déterminer la quantité d'énergie réellement fournie au ballon, à partir de l'énergie requise $Q_{req\_sto\_ap}$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier.

Après injection de l'énergie du générateur d'appoint dans le ballon, le champ de températures du ballon est recalculé.

9.14.3.2.3 Cas particulier d'un assemblage « Base et appoint dans un second ballon séparé » (Type_prod_stockage = 2)

Dans ce cas de figure, l'assemblage est constitué d'un ballon principal, contenant l'échangeur avec le générateur de base et d'un ballon d'appoint (secondaire) contenant l'échangeur avec le générateur d'appoint.

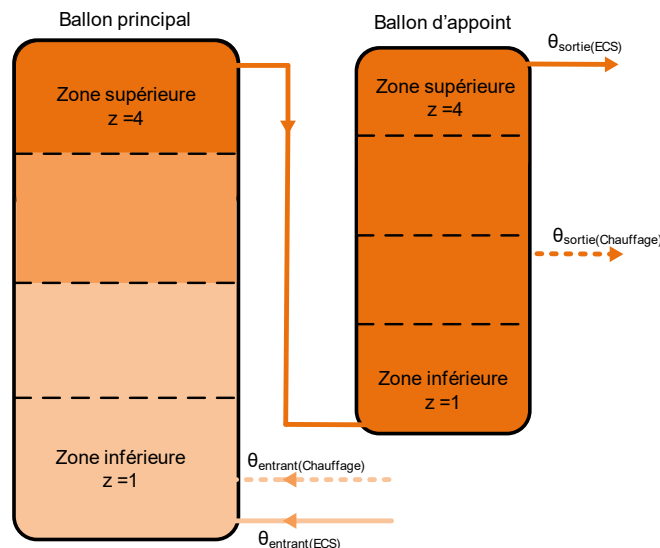


Figure 199 : Représentation d'une association d'un ballon principal et d'un second ballon séparé

Le déroulement des calculs est identique à celui décrit au paragraphe §9.14.3.2.2, à ceci près que les conventions suivantes sont appliquées :

- Pour la production ECS, le prélèvement d'eau chaude se fait dans la zone supérieure du ballon d'appoint et l'injection d'eau froide (ou de retour de boucle) se fait dans la zone basse

du ballon principal. L'indice $z_{p,ECS}^{principal}$ est fixé conventionnellement à 4 et l'indice $z_{inj,ECS}^{appoint}$ est fixé conventionnellement à 1.

- Pour le chauffage, le prélèvement d'eau chaude se fait dans la zone d'indice $z_{p,ch}^{appoint}$ du ballon d'appoint, et l'injection d'eau au retour de la distribution de chauffage se fait dans la zone d'indice $z_{inj,ch}^{principal}$ du ballon principal. L'indice $z_{p,ch}^{principal}$ est fixé conventionnellement à 4 et l'indice $z_{inj,ch}^{appoint}$ est fixé conventionnellement à 1.
- Dans les deux cas, la zone supérieure du ballon principal est connectée à la zone basse du ballon d'appoint. Le volume puisé est répercuté dans les deux ballons pour tenir compte de l'effet piston. Le ballon d'appoint recevant dans sa zone inférieure l'équivalent du volume puisé à la température de la zone supérieure du ballon principal calculée à l'itération précédente; le ballon principal quant à lui reçoit ce même volume à la température d'eau entrante $\theta_{entrant}(h)$
- A chaque itération et tant que toute l'énergie disponible dans les ballons n'a pas été utilisée, les températures des deux ballons (sans tenir compte ni des apports d'énergie ni des pertes de stockage) sont actualisées. On commence par calculer les températures du ballon principal, puis celles du ballon d'appoint.

9.14.3.2.4 Message d'erreur en cas de disponibilité d'eau chaude insuffisante

Un message d'erreur est mis en place pour s'assurer que les paramètres définis pour le ballon et ses générateurs ont bien été définis de manière cohérente avec le projet simulé (pas de sous-dimensionnement aberrant).

Ce message d'erreur est utilisé pour tous les types d'assemblage, à l'exception de l'assemblage 3 : Base et appoint séparé instantané. Pour ce dernier, la vérification de la cohérence est réalisée uniquement au niveau de la gestion-régulation de la génération, en prenant en compte la puissance thermique du générateur d'appoint séparé.

Pour cela, le critère choisi est le suivant : si le ballon n'atteint pas au moins une fois la température de consigne du dernier générateur à fonctionner (base dans le cas base seule, appoint sinon) sur 168h consécutives, le moteur lance le message d'erreur suivant : « *Sur les 168 dernières heures, le ballon n'a jamais atteint sa température de consigne* ».

Cette vérification se base sur l'algorithme suivant :

Initialisation : $nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = 0$

Si $\theta_{b4}(h) < \theta_c$

$$nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h - 1) + 1 \quad (1959)$$

Sinon

$$nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = 0$$

Où θ_c est prise égale à θ_{c_base} en assemblage base seule, et à θ_{c_ap} sinon.

Si $nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) > 168$, le moteur lance le message d'erreur

Dans le cas de l'assemblage « ballon base échangeur appoint intégré », la consommation en énergie finale de l'assemblage (pour le poste chauffage et/ou ECS) est égale aux consommations des générateurs de base et d'appoint réparties sur les postes chauffage et ECS au prorata des besoins. Les résultats sont présentés sous forme de matrice :

$$\left\{ Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h) \right\} = nb_{assembl} \times \left(\begin{aligned} & Q_{cons}^{gnr\_base}(h) \times \frac{Q_{req\_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req\_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req\_ecs}(h) + Q_{req\_ch}(h)} \\ & + Q_{cons}^{gnr\_ap}(h) \times \frac{Q_{req\_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req\_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req\_ecs}(h) + Q_{req\_ch}(h)} \\ & + (W_{aux\_pro}^{gnr\_base}(h) + W_{aux\_pro}^{gnr\_ap}(h)) \times \frac{Q_{req\_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req\_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req\_ecs}(h) + Q_{req\_ch}(h)} \end{aligned} \right) \quad (1960)$$

Note : l'équation ci-dessus remplace la matrice de sortie du contrat générateur.

Note 2 : Par hypothèse, si les deux $Q_{req}(h)$ sont nuls, les consommations sont reportées sur le chauffage si $Id_{fousto}=1$ ou sur l'ECS si $Id_{fousto}=3$.

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si les éléments de stockage sont en volume chauffé, s'écrivent :

$$\Phi_{vc}^{sto}(h) = nb_{assembl} \cdot Id_{pos\_gen} \cdot (\Phi_{pertes}^{ballon\_principal}(h) + \Phi_{pertes}^{ballon\_secondaire}(h)) \quad (1961)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé des générateurs de base et d'appoint, notées respectivement $\Phi_{vc}^{gnr\_base}(h)$ et $\Phi_{vc}^{gnr\_ap}(h)$, issues des algorithmes des « Assemblages générateur pour ballon »,

$$\Phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow (nb_{assembl} \times \Phi_{vc}^{gnr\_base}(h)) + (nb_{assembl} \times \Phi_{vc}^{gnr\_ap}(h)) \quad (1962)$$

9.15 C_GEN_Boucle solaire

9.15.1 INTRODUCTION

L'élément primordial des systèmes solaires thermiques est la boucle solaire qui transfère l'énergie solaire au ballon de stockage.

Le modèle ci-dessous inclus les capteurs, la boucle de distribution du fluide avec ses pompes de distribution et l'échangeur solaire dans le ballon. Ce modèle horaire détermine l'énergie transférée au ballon par l'échangeur solaire, la consommation des pompes et les éventuelles pertes thermiques vers un volume chauffé.

Le modèle de la boucle solaire est assimilé à celui d'un générateur.

9.15.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 292 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de boucle solaire.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
I_{sr}^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²				
$\theta_{b\_moy\_ec}$	Température moyenne du ballon vue par l'échangeur d'un générateur (base ou appoint)	°C				
$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante	°C				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
A	Superficie de capteurs solaires (superficie d'entrée)	m ²	0	+ ∞	-	
η_0	Rendement optique d'un capteur solaire	-	0	1		
a_1	Coefficient de pertes du premier ordre d'un capteur solaire	W/(m ² .K)	0	+ ∞		
a_2	Coefficient de pertes du deuxième ordre d'un capteur solaire	W/(m ² .K ²)	0	+ ∞		
$(UA)_{te}$	Coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle solaire vers l'extérieur	W/K	0	+ ∞		
$(UA)_{ti}$	Coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle solaire vers l'intérieur du bâtiment	W/K	0	+ ∞		
$(UA)_{hx}$	Coefficient de transfert de l'échangeur	W/K	0	+ ∞	100A	
K_θ	Facteur d'angle d'incidence	-	0	1		
P_{np}	Puissance nominale de la pompe	W	0	+ ∞		
α_p	Part de la puissance de la pompe transférée au fluide sous forme de chaleur	-	0	1	0,5	
$I_{sr_{min}}$	Valeur seuil de l'ensoleillement dans le cas d'une régulation sur ce dernier	W/m ²	0	1500	200	
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$Type_{reg}$	Type de régulation de la boucle solaire (sur la température extérieure =0 / sur l'irradiance=1)	-	0	1	-	
α	Orientation du capteur solaire, sous forme d'angle en ° (0° pour le sud, 90° l'ouest, 270° l'est, et 180° le nord).	°	0	360	-	
β	Inclinaison du capteur solaire (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°	0	90	-	
id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage: - 1 : Chauffage, - 2 : Refroidissement, - 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS, - 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent	1	5	-	
$Usage_{Zone}$	Usage de la zone	Enum	1	38	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
Q_{sol}	Chaleur transférée à l'échangeur	Wh
P_p	Puissance consommée par la pompe	W
$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
$\{Q_{cef\{po;i\}}^{BS}(h)\}_{dengen\{h\}}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale du générateur boucle solaire	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
θ_m	Température moyenne de la boucle solaire	°C
Q_{sol}^{int}	Valeur intermédiaire de Q_{sol}	Wh
U_c	Coefficient de pertes vers l'extérieur de la boucle de captage (capteur et tuyauterie)	W/(m².K)
$\Delta\theta_{ce}$	Ecart de température entre la sortie capteur et la sortie de l'échangeur du ballon (ou la partie inférieure du ballon s'il n'y a pas d'échangeur)	°C
θ_{comp}	Température intermédiaire pour la prise en compte des déperditions de la boucle solaire	°C
$E(i,j)$	Matrice de la base canonique (tous les coefficients sont nuls sauf le coefficient (i,j) qui vaut 1	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$\{Coef_{ep(énergie)}\}$	Vecteur des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-
$\Delta\theta_{reg}$	Valeur de réglage de la régulation	K	0 + ∞ 1 ou 3K
$\dot{m} C_p$	Débit calorifique de la boucle	W/K	0 + ∞ 58*A

Tableau 292 : Nomenclature des différentes variables du modèle de boucle solaire

9.15.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

On admet que la température moyenne dans le capteur est égale à la température moyenne dans l'échangeur. Cette hypothèse suppose que la boucle est bien isolée et exclut les faibles débits.

Ce modèle de boucle solaire détermine l'énergie solaire injectée dans le ballon sur une heure.

Le rayonnement solaire incident sur les capteurs I_{sr}^* tient compte d'éventuels masques.

9.15.3.1 *Calcul de l'énergie solaire si la boucle est en fonctionnement Q_{sol}^{Int}*

Il existe deux types de système de transfert d'énergie de la boucle vers le ballon : avec ou sans échangeur. Dans un premier temps, on calcule la valeur de Q_{sol} pour chacun des deux systèmes si la pompe est en marche. On appelle cette énergie intermédiaire Q_{sol}^{Int} . La régulation de la boucle s'effectuera dans un deuxième temps.

Pour les capteurs solaires la méthode de calcul offre deux alternatives dans la définition des caractéristiques que sont la superficie, le rendement optique et les coefficients de pertes :

- La saisie directe des valeurs certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées NF EN 12975-1 et NF 12975-2,
- Par défaut, les valeurs indiquées dans le Tableau 293 sont retenues.

	Capteur non vitré	Capteur vitré	Capteur tubulaire
Rendement optique	0,6	0,6	0,6
Coefficient de pertes du premier ordre	20	6	3
Coefficient des pertes du second ordre	0	0	0

Tableau 293 : Valeurs par défaut pour les capteurs solaires

9.15.3.1.1 Calcul de Q_{sol}^{Int} avec échangeur

Il nous faut résoudre les 3 équations suivantes :

$$U_C = a_1 + a_2(\theta_m - \theta_e(h)) + \frac{UA_{te}}{A} \quad (1963)$$

où la température moyenne de la boucle θ_m se déduit de l'équation de l'équilibre de la boucle

$$\eta_0 \cdot A \cdot Isr \cdot K_\theta - A \cdot U_C(\theta_m - \theta_e(h)) - UA_{ti}(\theta_m - \theta_{amb}(h)) + \alpha_P P_{nP} = Q_{sol}^{Int} \quad (1964)$$

et Q_{sol}^{Int} est relié à θ_m par

$$Q_{sol}^{Int} = UA_{hx}(\theta_m - \theta_{b\_moy\_ech}) \quad (1965)$$

Ces trois équations sont combinées en une seule équation du second degré en θ_m :

$$a_2 \theta_m^2 + \left[a_1 + \frac{UA_{te} + UA_{ti} + UA_{hx}}{A} - 2a_2 \theta_e \right] \theta_m + a_2 \theta_e^2 - a_1 \theta_e - \eta_0 Isr \cdot K_\theta - \frac{\alpha_P P_{nP} + (UA_{te} \theta_e + UA_{ti} \theta_{amb} + UA_{hx} \theta_{b\_moy\_ech})}{A} = 0 \quad (1966)$$

Une fois θ_m calculé par cette équation, on déduit Q_{sol}^{Int} par l'équation (1965).

9.15.3.1.2 Calcul de Q_{sol}^{Int} sans échangeur

On remplace θ_m par $\theta_{b\_moy\_ech}$ et l'énergie solaire si la boucle fonctionne est

$$\eta_0 \cdot A \cdot Isr \cdot K_\theta - A[a_1 + a_2(\theta_{b\_moy\_ech} - \theta_e)] \cdot (\theta_{b\_moy\_ech} - \theta_e) - UA_{te}(\theta_{b\_moy\_ech} - \theta_e) - UA_{ti}(\theta_{b\_moy\_ech} - \theta_{amb}) + \alpha_P P_{nP} = Q_{sol}^{Int} \quad (1967)$$

9.15.3.2 Régulation de la boucle solaire

Deux types de régulations sont possibles, l'un basé sur la température, l'autre sur l'irradiance.

9.15.3.2.1 Régulateur basé sur la température (type_régul_BS=0)

9.15.3.2.1.1 Calcul de la valeur de régulation

L'écart de température entre la sortie capteur et la sortie de l'échangeur du ballon (ou la partie inférieure du ballon s'il n'y a pas d'échangeur) est comparée à la valeur de $\Delta\theta_{reg}$. Si $\Delta\theta_{reg}$ est faible, la boucle solaire fonctionnera plus souvent mais les consommations de la pompe seront plus importantes. $\Delta\theta_{reg}$ correspond donc à un optimum entre apport d'énergie renouvelable et consommation d'électricité.

Par convention, dans Th-BCE, la valeur de $\Delta\theta_{reg}$ est prise égale à 1K pour les installations des maisons individuelles et des logements collectifs. Dans les autres cas, sa valeur est de 3K.

Si l'objet « boucle_solaire » n'alimente que des zones telles que $Usage\_Zone=1$ ou $Usage\_zone=2$,

$$\Delta\theta_{reg} = 1 \quad (1968)$$

Si l'objet « boucle_solaire » alimente des zones telles que $Usage\_Zone \neq \{1,2\}$,

$$\Delta\theta_{reg} = 3$$

9.15.3.2.1.2 Calcul du fonctionnement de la boucle solaire

On calcule l'écart de température entre la sortie capteur et la sortie de l'échangeur du ballon (ou la partie inférieure du ballon s'il n'y a pas d'échangeur) :

$$\Delta\theta_{ce} = \frac{2Q_{sol}^{Int} + UA_{te}(\theta_{comp} - \theta_e) + UA_{ti}(\theta_{comp} - \theta_{amb}) - \alpha_P P_{nP}}{2\dot{m}C_P} \quad (1969)$$

où $\theta_{comp} = \theta_m$ s'il y a un échangeur, $\theta_{comp} = \theta_{b\_moy\_ech}$ sinon. Si

$$\Delta\theta_{ce} < \Delta\theta_{reg}, \quad (1970)$$

$Q_{sol} = 0$, la pompe est arrêtée et sa consommation P_p est nulle, sinon $P_p = P_{np}$ et $Q_{sol} = Q_{sol}^{Int}$.

9.15.3.2.2 Régulateur basé sur l'irradiance (type_régul_BS=1)

Une autre possibilité pour la régulation est de mettre en route la pompe à partir d'un certain seuil d'ensoleillement. La condition (1972) remplace alors la condition (1971):

$$Isr * < Isr_{min} \quad (1971)$$

Ce mode de régulation sera employé notamment en cas de stockage décentralisé (CESCI) où on ne peut pas mesurer l'écart de températures $\Delta\theta_{ce}$.

9.15.3.3 Données de sorties de la boucle solaire

Au niveau de la génération, les consommations en énergie finale, les pertes vers l'ambiance ainsi que la chaleur fournie au ballon sont présentées de la manière suivante.

9.15.3.3.1 Calcul des consommations

On génère les résultats sous une forme matricielle directement utilisable pour les calculs concaténés de C selon le type d'usage (postes) et le type d'énergie.

Les lignes représentent les différentes postes de consommations associés au composant générateur. Les colonnes correspondent aux différents types d'énergie.

Le remplissage de la matrice de la boucle solaire a lieu comme suit :

Dans le cas d'une production ECS seule ($id_{fousto}=3$),

$$\{Q_{cef(3;Idengen)}^{BS}(h)\} = P_p(h) * \{E_{(3;50)}\} \quad (1972)$$

Dans le cas d'une production mixte (ECS et chauffage, c'est-à-dire $id_{fousto}=4$), la consommation de la pompe solaire est répartie sur les consommations de chauffage et d'ECS au prorata des besoins (voir fiches d'assemblage).

9.15.3.3.2 Calcul des pertes vers l'ambiance

En plus de la matrice de sortie permettant de réaliser les sommations aux niveaux des composants groupes, le composant générateur renvoie une valeur de flux d'énergie transmis à l'ambiance. Dans le cas de la boucle solaire, les pertes vers l'ambiance s'expriment de la façon suivante :

$$\Phi_{vc}^{BS}(h) = \max(UA_{ti} \cdot (\theta_{comp} - \theta_{amb}(h)), 0) \quad (1973)$$

Ces pertes, au même titre que celles de tous les autres générateurs d'une génération, seront sommées au niveau de la gestion-régulation de la génération.

9.16S1_GEN_CESCI

9.16.1 INTRODUCTION

Des modèles de boucle solaire, ballon d'eau chaude, régulation des générateurs de base et d'appoint ont été décrits dans des « fiches algorithmes ». Ces différents modèles élémentaires sont ici assemblés en un modèle de chauffe-eau solaire collectif avec appoint stockage individualisé (CESCI).

Plusieurs configurations de CESCI sont modélisables dans Th-BCE. Elles sont détaillées ci-dessous.

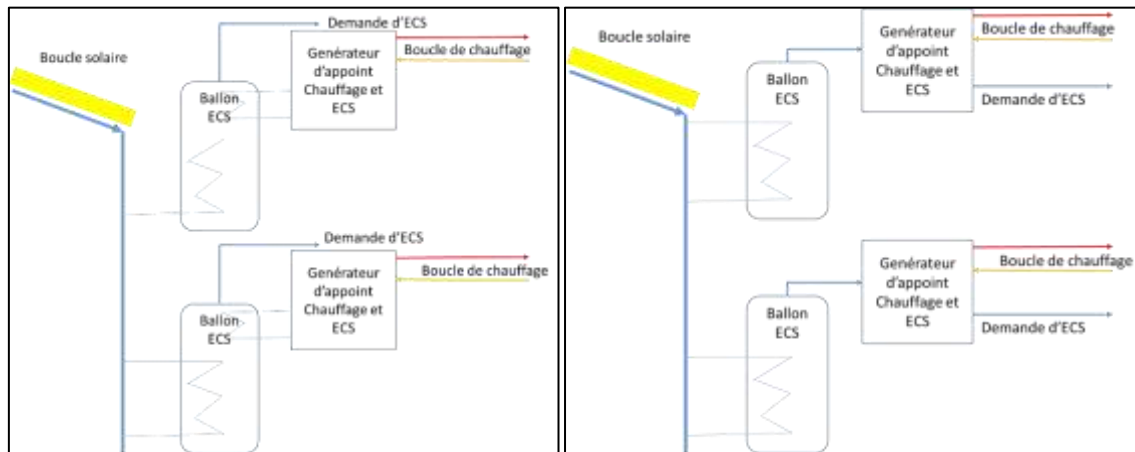


Figure 200 : A gauche, le générateur d'appoint réchauffe les zones supérieures du ballon ECS via un échangeur. C'est la configuration monovalente. A droite le générateur d'appoint, double service est séparé instantané, c'est la configuration bivalente.

Les générateurs d'appoint sont appelés si nécessaire pour au choix

- réchauffer le ballon d'ECS (pour les appoints intégrés),
- assurer l'appoint instantané d'ECS (pour les appoints séparés instantanés),

et peuvent également être utilisés pour le chauffage instantané.

Note : se comporte comme une génération. A ce titre, des éléments sont similaires avec la fiche algo C_GEN_Calculs génération.

9.16.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 294 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de CESC.

Entrées du système						
	Nom	Description	Unité			
Distr. second.	Isr^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²			
	$\theta_e(h)$	Température extérieure	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
	$A_{gr,em-e}$	Surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	m ²			
	$Q_{w\_2nd-e}(h)$	Besoins d'ECS majorés des pertes de distributions du groupe	Wh			
	$Q_{sys\_ch}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage.	Wh			
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe ds , pour le chauffage ou le refroidissement.	°C			
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température du retour du réseau du groupe ds , pour le chauffage ou le refroidissement.	°C			
	$Rat_{eff\_ch}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur em en chauffage, pour le groupe gr desservi par la distribution intergroupes.	Ent			
	$b_{therm}(h)$	Facteur de réduction des déperditions thermiques induit par l'espace tampon	-			
ET	h_{leg}	Heure légale	-			
Paramètres du système						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$Type\_PCAD$	Type de production centralisée à appoints décentralisés :				
		0- CESC (Chauffe-Eau Solaire Collectif Individualisé – avec appoint intégré au ballon)	-	0	1	0
		1- CESC (Chauffe-Eau Solaire Collectif à Appoint Individuel)				
	nb_{ens}	Nombre d'ensemble de ballons décentralisés strictement identiques	-	0	+∞	-
	nb_{sto}^B	Nombre de ballons de stockage décentralisés de l'ensemble {B} strictement identiques	-	0	+∞	-
	id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage				
		- 1 : Chauffage,				
		- 2 : Refroidissement,				
	id_{fousto}	- 3 : ECS,	Ent.	1	5	-
		- 4 : Chauffage et ECS,				
		- 5 : Chauffage et refroidissement.				
	id_{fougen}^{gnr}	Fonction du générateur gnr compris dans la génération :				
		1 : Chauffage				
		2 : Refroidissement				
	id_{fougen}^{gnr}	3 : ECS	Ent	1	5	-
		4 : Chauffage et ECS				

GR réseau du groupe	$id_{priorite\_ch}^{gnr}$	5 : Chauffage et refroidissement Indice de priorité en chauffage. Priorité de fonctionnement des générateurs pour la génération :	Ent.	1	$+\infty$	-
	$id_{type\_priorite}$	1 : Sans priorité, 2 : Générateurs en cascade, 3 : Générateurs alternés.	Ent	1	3	-
	$id_{raccord\_gnr}$	Type de raccordement des générateurs entre eux, pour un mode de gestion avec priorité : 0 : Permanent, 1 : Avec isolement	Ent	0	1	1
	pos_{gen}	Position de l'assemblage CESCOI : 0 : Hors volume chauffé, 1 : En volume chauffé.	Ent	0	1	-
	A_{gr}	Surface du groupe	m ²	0	$+\infty$	
	$\theta_{dep\_dim\_ch}^{ds}$	Température de départ de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\theta_{ret\_dim\_ch}^{ds}$	Température de retour de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\Delta\theta_{em\_dim\_ch}^{ds}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	Fonctionnement en chauffage	Type de gestion de la température de génération en chauffage. 1 : fonctionnement à température moyenne constante, 2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution.	Ent	1	2	-
		Température de fonctionnement de la génération pour un fonctionnement à température constante. (voir paramètres des fiches de l'assemblage et les paramètres de la GR de la génération)	°C	0	100	-
		Température de fonctionnement de la génération en ECS (pour les appoints séparés instantanés)				

Sorties

	Nom	Description	Unité
Pertes des décentralisés	$\Phi_{dec\_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes des ballons décentralisés de l'ECS.	Wh
Gnr décentralisés	$\Phi_{dec\_vc}^{gnr}(h)$	Pertes des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh
Générat	$\Phi_{tot\_vc}^{gen}(h)$	Pertes des auxiliaires du CESCOI (càd de la génération) transmises au volume chauffé.	Wh
	$\Phi_{tot\_vc}^{gen,gr}(h)$	Pertes des consommations des auxiliaires du CESCOI, par groupe, transmises au volume chauffé.	Wh
	$Rat_{surf}^{gen,gr}$ $= Rat_{surf}^{CESCOI,gr}$	Ratio de la surface du groupe <i>gr</i> sur la surface totale desservie par la génération pour le poste ECS	-
	$Rat_{surf\_ch}^{CESCOI,gr}$ $= Rat_{surf\_dess\_ch}^{CESCOI,gr}$	Ratio de la surface du groupe <i>gr</i> sur la surface totale desservie par la génération pour le poste chauffage	-
	$E_{sol\_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise à l'échangeur.	Wh/an

$E_{ef\_aux\_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
$\{Q_{cef(poste;énergie)}^{CESCI}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
$\{Q_{cef(poste;énergie)}^{CESCI,gr}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
$C_{ef\_ecs\_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI	Wh
$C_{ep\_ecs\_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI	Wh
$C_{ef\_ecs}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI	Wh
$C_{ep\_ecs}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI	Wh
$C_{ef\_ecs\_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep\_ecs\_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ef\_ecs}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep\_ecs}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ef\_ch\_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ep\_ch\_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ef\_ch}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ep\_ch}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ef\_ch\_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep\_ch\_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ef\_ch}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep\_ch}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$\{C_{ef\_gaz}^{CESCI}, C_{ef\_fod}^{CESCI}, C_{ef\_cha}^{CESCI}, C_{ef\_boi}^{CESCI}, C_{ef\_ele}^{CESCI}, C_{ef\_rdc}^{CESCI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale par CESCOI	Wh
$\{C_{ep\_gaz}^{CESCI}, C_{ep\_fod}^{CESCI}, C_{ep\_cha}^{CESCI}, C_{ep\_boi}^{CESCI}, C_{ep\_ele}^{CESCI}, C_{ep\_rdc}^{CESCI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire par CESCOI	Wh
$\{C_{ef\_gaz}^{CESCI,gr}, C_{ef\_fod}^{CESCI,gr}, C_{ef\_cha}^{CESCI,gr}, C_{ef\_boi}^{CESCI,gr}, C_{ef\_ele}^{CESCI,gr}, C_{ef\_rdc}^{CESCI,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale par CESCOI et par groupe	Wh

$$\{C_{ep\_gaz}^{CESCI,gr},$$

$$C_{ep\_fod}^{CESCI,gr},$$

$$C_{ep\_cha}^{CESCI,gr},$$

$$C_{ep\_boi}^{CESCI,gr},$$

$$C_{ep\_ele}^{CESCI,gr},$$

$$C_{ep\_rdc}^{CESCI,gr}\}$$

Matrice des consommations annuelles
d'énergie par CESCOI et par groupe

Wh

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	Pe_z	Pertes thermiques des zones du ballon	W
	Q_{sol}	Energie transférée aux échangeurs solaires des ballons de l'assemblage	W
	Q_{sol_unit}	Energie transférée à l'échangeur solaire d'un ballon	W
	V_p	Volume horaire puisé (= volume d'eau froide entrant dans le ballon)	L/h
	$Q_{fou\_sto\_ap}$	Energie fournie par l'élément chauffant d'appoint	W
	$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance d'un générateur d'appoint	Wh
	$Q_{req\_tot\_sr\_ch}(h)$	Demande d'énergie en chauffage au niveau d'un générateur d'appoint du CESCOI	Wh
	$Rat_{besoins\_sec\_e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCOI sur la somme de tous les besoins d'ECS du CESCOI	-
	$Rat_{bes\_ch}^{CESCI,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCOI sur la somme de tous les besoins de chauffage du CESCOI	-
	$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
	$Id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : chauffage, 2: refroidissement, 3: ECS)	Ent
	$id_{relance}(h)$	Indicateurs de période de relance en chauffage	Bool
	$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération <i>gen</i> . »	°C
	$\theta_{ch\_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes de chauffage connectés à la génération <i>gen</i> . »	°C
	$Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)$	Besoins de chauffage majorés des pertes de distributions du groupe	Wh
Températures fonctionnement	$\theta_{aval\_ch}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage.	°C
	$\theta_{aval\_ch}(h-1)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage, au pas de temps précédent.	°C
Sour. amonts	$\theta_{amont}^{SA}(h)$	Température amont calculée au niveau d'une source amont SA donnée.	°C
	$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg .K)	1,163
$\{Coef_{ep(énergie)}\}$	Vecteur des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-

Tableau 294 : Nomenclature des différentes variables du modèle de CESCO

9.16.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Une installation solaire collective individualisée (ou CESCO) comporte un champ de capteurs solaires, plusieurs ballons de stockage ECS (à priori autant que de logements), des conduites (boucle solaire) reliant le champ de capteurs solaires aux échangeurs internes de chaque ballon de stockage, une pompe pour la mise en circulation du fluide caloporteur, un dispositif de régulation automatique avec action sur la pompe, une source énergétique d'appoint dans chaque ballon individuel.

L'assemblage CESCO assure les besoins d'ECS et éventuellement les besoins de chauffage via les générateurs d'appoint. Il a exactement le même rôle qu'un objet « génération ». A la différence près que les distributions du groupe d'ECS et/ou de chauffage, et non les distributions intergroupes, sont reliées à l'objet CESCO.

Les calculs d'une d'installation centralisée à appoints décentralisés, comme le CESCO, ne se font pas tous à la même échelle : pour répartir l'énergie fournie en sortie de la boucle solaire, qui est centralisée, nous utiliserons un échelon intermédiaire appelé ensemble (ou collection) de ballons individuels. Tous les ballons de stockage d'un ensemble possèdent exactement les mêmes caractéristiques (volume, mode de gestion, générateur d'appoint,...).

9.16.3.1 *Prétraitement des données*

Ce paragraphe a pour objectif de préparer, à partir des demandes d'énergie d'ECS et de chauffage et des températures des réseaux de distributions, le jeu de données d'entrées nécessaire au modèle du CESCO.

Les données d'entrée sont :

3. Les informations issues de la (ou des) distribution(s) interne(s) au groupe ;
4. Les aspects d'irradiance de la boucle solaire décrits par I_{sr}^* et K_{θ} ;
5. Des températures externes à l'assemblage qui influent sur l'assemblage.

L'évaluation des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et le calcul des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage est détaillé ci-dessous.

9.16.3.1.1 Type d'assemblage

Les algorithmes ci-dessous décrivent l'assemblage CESCO.

$$Type_{PCAD} = 0 \text{ ou } 2 \quad (1974)$$

9.16.3.1.2 Fonction de l'assemblage

Dans l'assemblage CESCO, les ballons ne fonctionnent qu'en mode ECS seule. Les générateurs d'appoint des ballons peuvent être mixtes (chauffage+ECS) mais ne peuvent assurer le refroidissement.

$$\begin{aligned} Id_{fousto} &= 3 \\ Id_{fougen} &= 3 \text{ ou } 4 \end{aligned} \quad (1975)$$

9.16.3.1.3 Température au niveau de la génération

Pour chaque ensemble de ballon, la température à atteindre au niveau de l'assemblage est celle du réseau de distribution du groupe connecté au ballon.

$$\theta_{ecs\_max}^{gen} = \theta_{2nd-e}^{ds-e} \quad (1976)$$

Pour chaque générateur faisant du chauffage, la température de fonctionnement est déterminée de la manière suivante. Dans le cas où le réseau est à température de départ constante ou à régulation sur la température extérieure, la référence est la température de départ. Dans le cas d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\theta_{max\_ch}^{gen} = \underset{ds \in CESCOI}{MAX} \left(\theta_{dep\_dim\_ch}^{ds} - \frac{\Delta\theta_{em\_dim\_ch}^{ds}}{2}; \theta_{ret\_dim\_ch}^{ds} + \frac{\Delta\theta_{em\_dim\_ch}^{ds}}{2} \right) \quad (1977)$$

9.16.3.1.4 Emplacement des ballons et des générateurs (en volume chauffé ou hors volume chauffé)

Les positions des ballons individuels du CESCOI ainsi que de leur générateur d'appoint dépendent de celle de l'assemblage.

9.16.3.1.5 Température ambiante au niveau de l'assemblage

La température ambiante sera utilisée pour le calcul des pertes thermiques de la boucle solaire, des ballons individuels et des générateurs d'appoint. En volume chauffé, elle est supposée constante.

Si $Pos_{gen}=0$ (hors volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (1978)$$

Si $Pos_{gen}=1$ (en volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{amb\_ch}$$

9.16.3.1.6 Fonctionnement des ballons d'ECS

9.16.3.1.6.1 Ballons individuels

Les ballons décentralisés se comportent comme des « ballons base + appoint » (avec deux échangeurs) ou ballons « base+appoint séparé instantané »

Si $Type_{PCAD} = 0$,

$$Type_{prod\_stockage} = 1 \quad (1979)$$

Si $Type_{PCAD} = 2$

$$Type_{prod\_stockage} = 3$$

9.16.3.1.6.2 Position de l'échangeur de la boucle solaire dans les ballons

Les échangeurs de la boucle solaire et les sondes de température se situent dans les zones inférieures des ballons.

9.16.3.1.6.3 Régulation de la boucle solaire

Pour tous les ensembles {B}

$$Z_{base} = Z_{reg\_base} = 1 \quad (1980)$$

La régulation de la boucle solaire est pilotée par l'irradiance

$$Type_{regul\_BS}=1 \quad (1981)$$

9.16.3.1.6.4 Température de consigne des ballons avec appoint intégré

Les températures de consigne des ballons avec appoint intégré sont conventionnellement figées à 55°C.

$$\theta_{c\_base}^{dec} = \theta_{c\_appoint}^{dec} = 55^{\circ}\text{C} \quad (1982)$$

9.16.3.1.6.5 Ratio des surfaces et des besoins de chaque groupe desservi en ECS

Le calcul suivant permettra de répartir les pertes thermiques des composants centralisés du CESCOI (c'est-à-dire la boucle solaire) dans chacun des groupes, au prorata de leurs surfaces.

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = Rat_{surf}^{CESCI,gr} = \frac{\sum_{em-e \in CESCOI} A^{gr,em-e}}{\sum_{em-e \in CESCOI} A^{gr,em-e}} \quad (1983)$$

L'ensemble des distributions du groupe reliées au CESCOI peut appartenir à un ou plusieurs groupes. Le calcul suivant permettra de répartir les consommations en énergie finale du CESCOI dans chacun des groupes concernés, au prorata de leurs besoins d'ECS.

Si

$$\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w_{2nd}-e}^{ds-e}(h) \neq 0, \quad (1984)$$

$$Rat_{besoins\_sec\_e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w_{2nd}-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w_{2nd}-e}^{ds-e}(h)}$$

Sinon

$$Rat_{besoins\_sec\_e}^{gr}(h) = Rat_{surf}^{gen,gr}(h)$$

9.16.3.1.6.6 Demande d'énergie au niveau d'un ballon individuel

Un ensemble de ballons B reçoit une demande d'énergie d'ECS. La demande d'énergie au niveau d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre de ballons individuels de l'ensemble nb_{sto}^B .

$$Q_{w\_sto\_unit-e} = \frac{\sum_{ds-e \in B} Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (1985)$$

9.16.3.1.6.7 Température d'eau entrant dans les ballons

L'eau entrant dans tous les ballons est de l'eau froide :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (1986)$$

9.16.3.1.7 Fonctionnement des générateurs d'appoint des ballons

Ces générateurs peuvent être mixtes.

9.16.3.1.7.1 Ratio des surfaces et des besoins de chauffage de chaque groupe

(Note : le calcul est similaire à celui de la gestion-régulation des distributions intergroupes de chauffage et de refroidissement (cf. C-DIST-Gestion/régulation des distributions intergroupes de chaud et de froid.))

Les distributions du groupe de chauffage sont reliées directement au CESCO. Pour répartir les consommations du CESCO dans chacun des groupes desservis, les ratios suivants sont utilisés.

L'énergie totale en entrée du réseau du CESCO est la somme des besoins augmentés des pertes pour chaque réseau de distribution du groupe :

$$Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) = \sum_{ds \rightarrow CESCO} Q_{sys\_ch}^{ds}(h) \quad (1987)$$

La surface desservie par les générateurs du CESCO est la somme des surfaces desservies par chacun des émetteurs en chauffage:

$$Rat_{surf\_ch}^{CESCI,gr}(h) = Rat_{surf\_dess\_ch}^{CESCI,gr}(h) = \frac{\left(\sum_{em \in gr} Rat_{eff\_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr}}{\sum_{gr \leftarrow CESCO} \left[\left(\sum_{em \in gr} Rat_{eff\_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr} \right]} \quad (1988)$$

Les ratios de consommations expriment la part de chacun des groupes dans le total d'énergie requis dans le CESCO.

En l'absence de besoins de chaud ($Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h)=0$), on répartit les consommations résiduelles au prorata des surfaces desservie dans chaque groupe.

Si $Q_{sys_{ds_{req_{ch}}}}(h) > 0$ alors,

$$Rat_{bes_{ch}}^{CESCI,gr}(h) = \frac{\sum_{(ds \in gr, ds \rightarrow CESCI)} Q_{sys_{ch}}^{ds}(h)}{Q_{sys_{ds_{req_{ch}}}}(h)} \quad (1989)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_{ch}}^{CESCI,gr}(h) = Rat_{surf_{ch}}^{CESCI,gr}(h)$$

9.16.3.1.7.2 Demande d'énergie de chauffage au niveau d'un générateur d'appoint

La demande d'énergie de chauffage au niveau d'un générateur d'appoint d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre de générateurs d'appoint (égal au nombre de ballons individuels) de l'ensemble nb_{sto}^B .

$$Q_{req_{tot_{sr_{ch}}}}(h) = \frac{\sum_{ds \in CESCI} Q_{sys_{ch}}^{ds}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (1990)$$

9.16.3.1.7.3 Gestion des générateurs d'appoint

Par convention, le type de fonctionnement des générateurs d'appoint est en cascade.

$$id_{type_{priorite}} = 2 : \text{Générateurs en cascade} \quad (1991)$$

9.16.3.1.7.4 Indicateur de relance en chauffage

Le CESCOI fonctionne en mode relance lorsque le groupe connecté est en période de relance :

$$id_{relance_{ch}}(h) = \begin{cases} MAX_{(ds \rightarrow CESCI)} (id_{relance}^{CESCI}(h)) \\ id_{fonction}^{ds} = 1 \end{cases} \quad (1992)$$

9.16.3.1.7.5 Indicateur de raccordement

Dans le cadre des PCAD, les générateurs d'appoint (présents dans chaque logement) sont isolés hydrauliquement de la génération.

$$id_{raccord}^{gnr}(h) = 1 \quad (1993)$$

9.16.3.1.7.6 Prise en compte des sources amont des générateurs

Les sources amont ne concernent que les générateurs thermodynamiques ou générateurs matrices dont le comportement dépend d'une température amont (types 503 à 509).

La fiche « C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques » se décompose en deux sous-fonctions. L'une permettant le calcul de la température amont du générateur en fonction des conditions extérieures.

Les températures de sources amont horaires sont calculées une fois pour l'ensemble des générateurs thermodynamiques associés à une même source amont :

$$\theta_{amont}^{SA}(h) = CalculTempAmont(\Phi_{rejet}^{gnr}(h - 1)) \quad (1994)$$

Et pour tout générateur relié à la source amont : $\theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}^{SA}(h)$

9.16.3.1.7.7 Générations alimentant des réseaux hydrauliques ($id_{type}^{dp}=1$)

La génération peut :

- fonctionner à température constante tout au long de la période de chauffage,
- adapter sa température de fonctionnement selon le paramétrage défini au niveau des réseaux de distribution de chauffage et de refroidissement. Dans ce deuxième cas, la période de relance se traduit par un fonctionnement à température maximale.

Lors d'un report de demande en énergie non-assurée, on conserve pour le calcul des performances la température au pas de temps précédent.

En chauffage, si les réseaux sont de types hydrauliques :

Si $id_{gestion\_ch} = 1$, alors,

$$\theta_{aval\_ch}(h) = \theta_{wm\_ch}$$

Sinon,

Si $id_{relance\_ch}(h) = 1$, alors, (relance de chauffage)

$$\theta_{aval\_ch}(h) = \theta_{dist\_ch\_max}^{gen}$$

(1995)

Sinon,

Si $Q_{ch\_req\_sr\_tot}(h) = 0$ et $Q_{ch\_req\_ar\_tot}(h) > 0$, alors,

$$\theta_{aval\_ch}(h) = \theta_{aval\_ch}(h - 1)$$

Sinon,

$$\theta_{aval\_ch}(h) = \underset{\left\{ \begin{array}{l} ds \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{ds}=1 \end{array} \right.}{MAX} (\theta_{moy}^{ds}(h))$$

Où $\theta_{moy}^{ds}(h)$ est égal à

$$\theta_{moy}^{ds}(h) = \frac{\theta_{dep}^{ds}(h) + \theta_{ret}^{ds}(h)}{2} \quad (1996)$$

9.16.3.1.7.8 Générations sur air (réseaux fictifs : $id_{type}^{ds}=0$)

La température de fonctionnement est calculée au prorata des températures d'air équivalentes vues par les différentes distributions intergroupes. Il peut s'agir des températures d'air ambiantes ou des températures au niveau des batteries de préchauffage ou prérefroidissement des CTA.

En chauffage, si les réseaux sont de types fictifs

$$\theta_{aval\_ch}(h) = \sum_{\left\{ \begin{array}{l} ds \rightarrow CESCO \\ id_{fonction}^{ds}=1 \end{array} \right.} Rat_{bes\_gen\_ch}^{ds}(h) \cdot \theta_{i,aval,eq}^{ds}(h) \quad (1997)$$

9.16.3.1.7.9 Demandes en chauffage par poste en incluant le report de demande de chauffage

Les demandes totales en chauffage horaires par poste sont utilisées pour la répartition des charges au sein de la génération. De manière générale, elles sont corrigées pour prendre en compte les éventuels reports d'énergie au pas de temps précédent.

$$Q_{req\_tot\_ar\_ch}(h) = Q_{req\_tot\_sr\_ch}(h) + Q_{rep\_ch}(h - 1) \quad (1998)$$

9.16.3.2 *Ordre des calculs*

Les étapes de calculs de l'assemblage seront reproduites pour chaque ensemble de ballons du CESCO. Seule la boucle solaire est commune à tous les ballons, ce qui induit un calcul de répartition détaillé ci-dessous.

Au début du pas de temps, le champ de température du ballon est connu. La génération débute par le fonctionnement ECS et poursuit par le chauffage.

5. La première étape : volume puisé

Dans le cas des appoints intégrés (Type_PCAD=0)

La première étape débute par un calcul itératif entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage » pour le calcul du volume puisé. L'énergie requise est égale à $Q_{w\_sto\_unit-e}(h)$.

A chaque itération, le volume puisé calculé (à partir de la température de la zone supérieure du ballon de l'itération précédente) est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Ces derniers déterminent les températures du ballon après un éventuel mélange, mais sans tenir compte des apports de puissance et des pertes du ballon.

Il faut attendre la fin de la boucle itérative de chaque ensemble de ballons, de manière à connaître toutes les températures de tous les ballons constituant le CESCO, avant de lancer la deuxième étape.

Dans le cas des appoints séparés instantanés (Type_PCAD=2)

La première étape débute par la boucle itérative pour le calcul du volume puisé, entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage ».

Le principe est le suivant : à chaque itération, le volume puisé calculé est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Les températures du ballon sont actualisées (sans tenir compte ni des apports d'énergie ni des pertes de stockage).

La boucle itérative s'arrête lorsque toute l'énergie requise a été puisée dans le ballon. Le champ de température du ballon après puisage est connu.

Dans les assemblages de ballon à appoint séparé instantané, le volume puisé se calcule de manière légèrement différente que dans les autres assemblages. Les calculs de la fiche « gestion-régulation base du ballon » sont à remplacer par les algorithmes suivants.

A la première itération ($i=1$), on pose

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(h) \quad (1999)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante.

Si $\theta_{b4}(h-1) > \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b4}(h-1) - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (2000)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(h-1) - \theta_{cw}(i))$$

$$\text{Si } \theta_{cw}(h) \leq \theta_{b4}(h-1) \leq \theta_{max}^{gen} \quad (2001)$$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(h-1) - \theta_{cw}(i))$$

Sortie de la boucle de puisage

Si $\theta_{b4}(h-1) < \theta_{cw}(h)$

$$V_p(i) = 0 \quad (2002)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

La boucle itérative continue tant que ($1 < i \leq Nb_{iter\_vp}$ et $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) \neq 0$)

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit\_report}(i-1) \quad (2003)$$

De même que précédemment,

Si $\theta_{b4}(i-1) > \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b4}(i-1) - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (2004)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(i-1) - \theta_{cw}(i))$$

Si $\theta_{cw}(h) \leq \theta_{b4}(i-1) \leq \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (2005)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(i-1) - \theta_{cw}(i))$$

Sortie de la boucle de puisage

Si $\theta_{b4}(i-1) < \theta_{cw}(h)$

$$V_p(i) = 0 \quad (2006)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

Pour une température de la zone de puisage (θ_{b4}) inférieure à la température maximale attendue par les réseaux intergroupes (θ_{max}^{gen}), le volume puisé ne dépend pas de la température du ballon puisqu'il est calculé avec un écart de température constant. De ce fait, l'appoint est nécessaire.

Dans le cas contraire, le ballon peut assurer seul la demande d'énergie. L'appoint ne fonctionne pas.

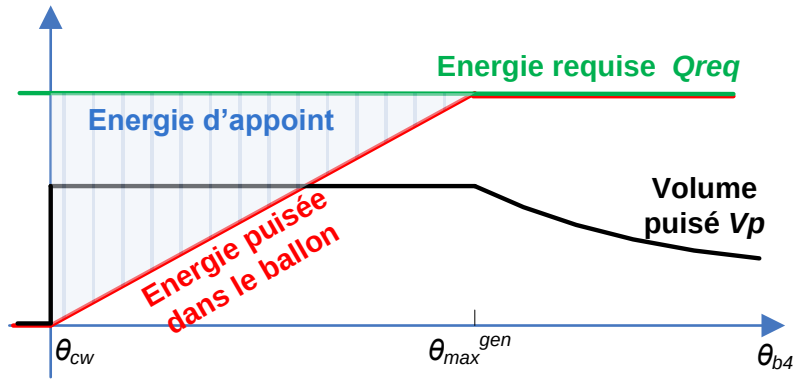


Figure 201 - logique de puisage dans le ballon dans le cas d'un générateur type CESCO

6. Deuxième étape : la boucle solaire

La boucle solaire est indépendante de la gestion-régulation de la base des ballons. Elle fournit l'énergie disponible, tant que le (ou les) élément(s) de stockage ne dépasse(nt) pas la température maximale.

Température moyenne des zones inférieures des ballons

Pour faire le bilan énergétique de la boucle solaire et obtenir Q_{sol} , il est nécessaire de connaître la température moyenne des zones inférieures de tous les ballons individuels de l'assemblage.

$$\theta_{b_{moy\_ech}}^{CESCI}(h) = \frac{\sum_{B \in CESCI} (\sum_{sto \in B} V_{zbase}^{sto} * \theta_{b_{moy\_ech}}^{sto,base}(h))}{\sum_{B \in CESCI} \sum_{sto \in B} V_{zbase}^{sto}} \quad (2007)$$

Energie solaire injectée

Après le bilan énergétique de la boucle solaire, l'énergie solaire totale transférée aux ballons est répartie à chaque ensemble de ballons au prorata de leurs volumes. Puis répartie équitablement à chaque ballon au sein d'un même ensemble.

Pour chaque ensemble {B}

$$Q_{sol\_ens}^B = Q_{sol} \cdot \frac{V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCI} (V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B)} \quad (2008)$$

Pour un ballon individuel appartenant à l'ensemble {B}

$$Q_{sol\_unit} = \frac{Q_{sol\_ens}^B}{nb_{sto}^B} \quad (2009)$$

Le (ou les) échangeur(s) est (sont) intégré(s) au modèle de boucle solaire.

La puissance de (ou des) pompe(s) de la boucle solaire sera ajoutée à la consommation des auxiliaires électriques de l'assemblage.

7. Troisième étape : l'élément de stockage ECS

Après injection de l'énergie solaire unitaire dans le ballon, il faut recalculer le champ de températures du ballon.

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone Z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La boucle solaire est connectée à la zone $z = z_{base} = 1$ donc l'entrée du ballon $Q_{i,1}$ reçoit la sortie de la boucle solaire Q_{sol_unit} . Les pertes thermiques sont également comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$ $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Une fois l'énergie reçue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

8. Quatrième étape : gestion-régulation de l'appoint du ballon

Dans le cas des appoints intégrés (Type_PCAD=0)

La position de l'appoint dans le ballon est un paramètre d'intégration. Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

Dans le cas des appoints séparés instantanés (Type_PCAD=2)

Le puisage dans le ballon permet de soutirer une certaine quantité d'énergie dédiée à l'ECS. Le rôle du générateur d'appoint sera de fournir l'éventuel complément d'énergie.

$$Q_{rest\_ecs}(h) = nb_{assembl} \times Q_{w\_sto\_unit\_report}(h) \quad (2010)$$

De plus, le générateur d'appoint étant séparé de l'assemblage, le report d'énergie dans le ballon au pas de temps suivant $Q_{w\_sto\_unit\_report}$ n'a pas de sens :

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(h) = 0 \quad (2011)$$

9. Cinquième étape : générateur d'appoint

Le générateur détermine à partir de l'énergie requise $Q_{req\_sto\_ap}$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier, l'énergie réellement fournie en appoint.

Algorithme principal pour les générateurs instantanés

Les algorithmes seront décrits avec l'indice $[po.]$, pouvant représenter les indices ch , fr ou ecs . Les paragraphes spécifiques à l'un ou l'autre des usages sont précisés.

On notera $G_{[po.]}$ l'ensemble des générateurs (ou systèmes de stockage, dans le cadre d'une gestion en cascade) participant à la fourniture du poste $[po.]$.

Note : la puissance nominale d'un générateur en chauffage et/ou ECS est un paramètre commun, étant donné que ces fonctions sont couplées.

Note2 : En CESCO, seul le mode cascade ($id_{type\_priorite}=2$) est autorisé.

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$\begin{cases} Q_{req} = Q_{req\_tot\_ar\_ch}(h) \\ Q_{rest} = Q_{req\_tot\_ar\_ch}(h) \end{cases} \quad (2012)$$

- **ETAPE 2** : fonctionnement en refroidissement absent des CESCO.
- **ETAPE 3** : appel des générateurs en **ECS** selon leurs disponibilités. Dans les CESCO appoints intégrés, l'appel en ECS se fait exclusivement par la production stockage (cf. ci-dessus), pour les appoints séparés instantanés l'appel en ECS passe par l'objet PCAD.

(Calculs des générateurs en stand-by)

10. Sixième étape : l'élément de stockage ECS

Dans le cas des appoints intégrés (Type_PCAD=0) A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone z_{ap} sera intégrée au calcul des températures du ballon. Les températures sont actualisées.

Dans le cas des appoints séparés instantanés (Type_PCAD=2)

Le puisage dans le ballon a permis de soutirer une certaine quantité d'énergie dédiée à l'ECS. Le rôle du générateur d'appoint sera de fournir l'éventuel complément d'énergie.

11. Septième étape : les générateurs d'appoint en mode chauffage

Le fonctionnement des générateurs en mode chauffage suit le fonctionnement en mode ECS.

Lorsque les générateurs d'appoint des ballons du CESCO assurent également le chauffage, l'objet PCAD appelle ces derniers (conformément à la fiche C_GEN_Gestion/régulation de la génération) pour couvrir les besoins de chauffage. La puissance disponible de ces générateurs en mode chauffage dépend de la durée de fonctionnement du générateur en mode ECS.

(Reprise des calculs des générateurs)

- **ETAPE 4** : appel des générateurs en **chauffage** selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction} = 1 \quad (2013)$$

- **Hors saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) \neq 1$

Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.

- **En saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) = 1$

DEBUT DE LA BOUCLE : générateur $gnr \in G_{ch}$ (2014)

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui\_dispo} = 1 - R_{fonctecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui\_dispo} > 0$, alors, (si la puissance disponible n'est pas nulle)

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGenerateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval\_ch}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui\_dispo} \end{bmatrix}$$

Report de puissance :

$$Q_{req} = Q_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de

$$\text{gauche} \begin{cases} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou\_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui\_dispo} \cdot \tau_{charge} \end{cases} \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff\_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{cases}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$ tel que $id_{priorite\_ch}^{gnr'}$

premier indicateur supérieur à $id_{priorite\_ch}^{gnr}$ parmi les générateur de G_{ch} ,
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 5 :** calcul horaire de l'énergie reportée (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le dernier générateur de la cascade)

$$Q_{rep\_ch}(h) = Q_{rest} \quad (2015)$$

Calculs des auxiliaires amont des générateurs

La fiche « C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques » décrit le calcul des puissances d'auxiliaires amont en fonction de la charge des différents générateurs thermodynamiques reliés.

Le calcul est réalisé après finalisation des algorithmes de gestion des priorités, pour l'ensemble des générateurs tels que $id_{source\_amont}^{gnr} = 1$, uniquement pendant les périodes de

fonctionnement du générateur :

Soit l'ensemble des générateurs $gnr = 1$ à N associés à la source amont
SA : (2016)

$$[W_{aux,am}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} = CalculAuxAmont^{SA}([\tau_{charge}^{gnr}(\square)]_{gnr=1 \text{ à } N})$$

La consommation des auxiliaires amont est ajoutée à celle des auxiliaires, ainsi qu'à la matrice de consommations du générateur au prorata des charges dans les différents postes.

$$W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (2017)$$

Si $\tau_{charge}^{gnr}(h) > 0$, alors,

$$Q_{cef(1.;50)}^{gnr}(h) += (1 - \frac{R_{fonctecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)}) \cdot W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

$$Q_{cef(3.;50)}^{gnr}(h) += \frac{R_{fonctecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \cdot W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon, (en l'absence de charge sur le générateur) (2018)

Si $i_{fougen}^{gnr} = 3$ ou $Aut_{ch}(j) = 0$ (équivalent à $id_{ecs\_seule} = 1$),
alors,

$$Q_{cef(3.;50)}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon,

$$Q_{cef(1.;50)}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Note : les calculs de consommation se font par générateur. Pour obtenir les consommations totales du CESCO, ces consommations seront multipliées par le nombre de générateurs présents, à savoir $Rdim \cdot nb_{sto\_b}$ (cf. § 9.16.3.4.2.1.)

9.16.3.3 L'assemblage du CESC

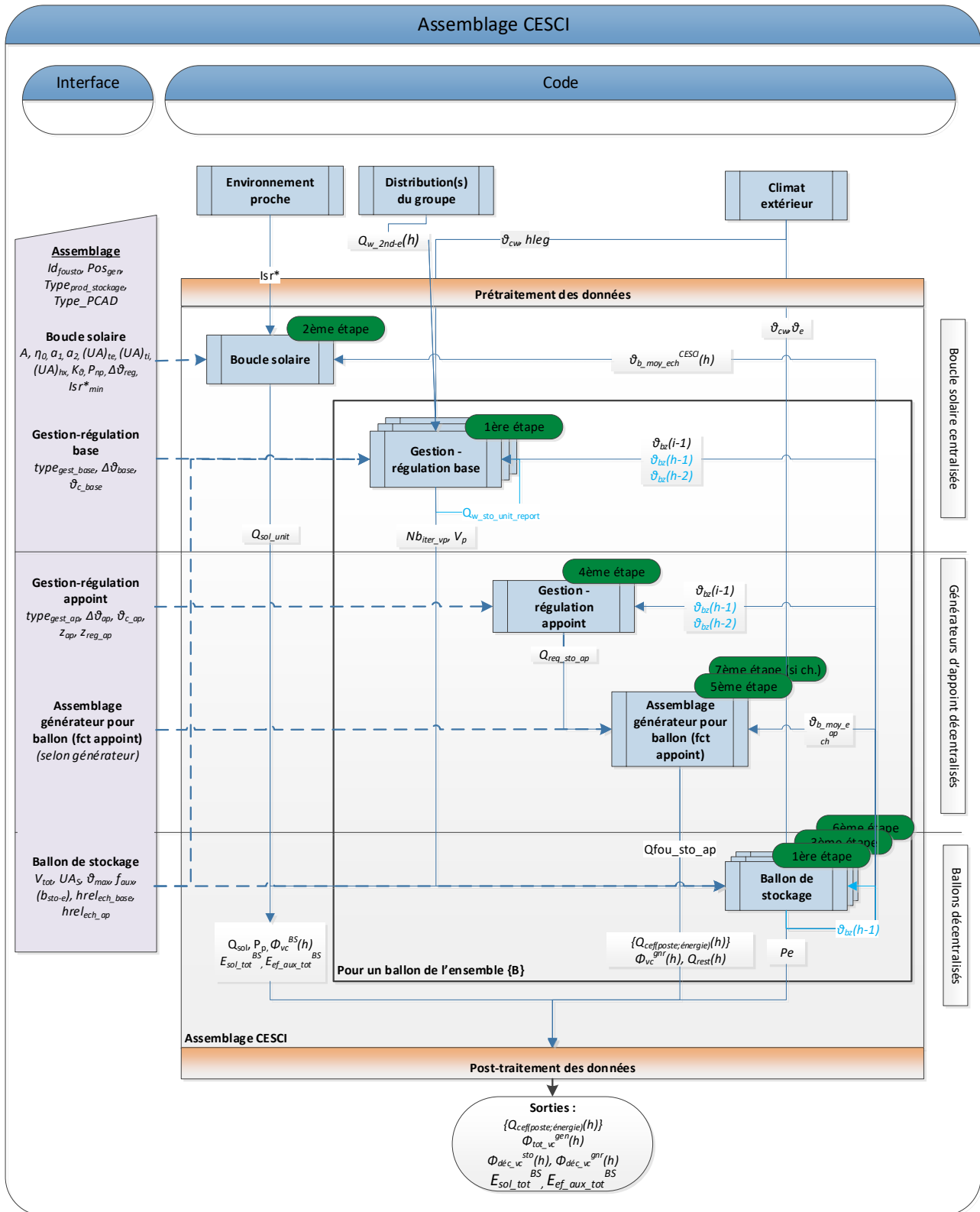


Figure 202 : Schéma d'assemblage du modèle de CESC

9.16.3.4 *Traitement des données de sortie*

Les résultats de la simulation donnent les énergies consommées par le système d'appoint d'un ballon (sous forme matricielle) et par la ou (les) pompe(s) de la boucle solaire P_p . Ainsi que les pertes thermiques d'un ballon et celles, éventuelles, du générateur d'appoint (les pertes de la boucle solaire sont quant à elles incluses dans le calcul de l'énergie solaire injectée Q_{sol}).

9.16.3.4.1 *Sous-dimensionnement des générateurs en chauffage*

Les indicateurs de sous-dimensionnement ne concernent que les générateurs d'appoint (le sous-dimensionnement des ballons de stockage est évaluée séparément).

Le nombre d'heures de sous-dimensionnement permet de déclencher les alertes dans le cas où la capacité de la génération est dépassée sur de longues périodes :

$$\begin{aligned} & \text{Si } Q_{rep\_ch}(h) > 0 \\ & \quad Nb_{soudim\_ch}(h) = Nb_{soudim\_ch}(h-1) + 1 \\ & \text{Sinon,} \\ & \quad Nb_{soudim\_ch}(h) = 0 \end{aligned} \quad (2019)$$

A partir de 6 heures de sous-dimensionnement successives, on considère qu'il y a sous-dimensionnement:

$$\begin{aligned} & \text{Si } Nb_{soudim\_ch}(h) > 6, \text{ alors,} \\ & \quad id_{soudim\_court\_ch} = 1 ; \end{aligned} \quad (2020)$$

A partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

$$\begin{aligned} & \text{Si } Nb_{soudim\_ch}(h) > 72, \text{ alors,} \\ & \quad id_{soudim\_long\_ch} = 1 ; \end{aligned} \quad (2021)$$

Le moteur plante.

9.16.3.4.2 *Calcul des consommations finales horaires*

9.16.3.4.2.1 *Pour l'assemblage CESCO*

Dans le cas du CESCO, la consommation en énergie finale est la somme des consommations de tous les générateurs d'appoint (présentées sous forme de matrice) ajoutée à la consommation de la pompe de la boucle solaire. Elle s'exprime, à chaque pas de temps, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(3;energie)}^{appoint}(\square)\}) + \{Q_{cef(3;energie)}^{BS}(\square)\} \quad (2022)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(1;energie)}^{appoint}(\square)\}) \quad (2023)$$

9.16.3.4.2.2 Par groupe

$$\{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI}(h)\} * Rat_{besoins\_sec\_e}^{gr}(h) \quad (2024)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI}(h)\} * Rat_{bes\_ch}^{CESCI,gr}(h) \quad (2025)$$

9.16.3.4.3 Calcul des consommations mensuelles et annuelles

Les consommations en énergies finale et primaire de l'assemblage CESCO sont présentées sous forme mensuelles et annuelles, au niveau de l'assemblage et au niveau du groupe.

9.16.3.4.3.1 Pour l'assemblage CESCO

Pour le chauffage

$$\begin{aligned} C_{ef\_ch\_m}^{CESCI} &= \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCI}(\square) \\ C_{ep\_ch\_m}^{CESCI} &= \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCI}(\square) \cdot Coef_{ep(en)}) \end{aligned} \quad (2026)$$

$$\begin{aligned} C_{ef\_ch}^{CESCI} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ch\_m}^{CESCI} \\ C_{ep\_ch}^{CESCI} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ch\_m}^{CESCI} \end{aligned} \quad (2027)$$

Pour l'ECS

$$\begin{aligned} C_{ef\_ecs\_m}^{CESCI} &= \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCI}(\square) \\ C_{ep\_ecs\_m}^{CESCI} &= \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCI}(\square) \cdot Coef_{ep(en)}) \end{aligned} \quad (2028)$$

$$\begin{aligned} C_{ef\_ecs}^{CESCI} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{CESCI} \\ C_{ep\_ecs}^{CESCI} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{CESCI} \end{aligned} \quad (2029)$$

9.16.3.4.3.2 Par groupe

Pour le chauffage

$$C_{ef\_c\square\_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCI,gr}(\square) \quad (2030)$$

$$\begin{aligned}
C_{ep\_c\Box\_m}^{CESCI,gr} &= \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCI,gr}(\Box) \cdot Coef_{ep(en)}) \\
C_{ef\_ch}^{CESCI,gr} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ch\_m}^{CESCI,gr} \\
C_{ep\_ch}^{CESCI,gr} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ch\_m}^{CESCI,gr}
\end{aligned} \tag{2031}$$

Pour l'ECS

$$\begin{aligned}
C_{ef\_ecs\_m}^{CESCI,gr} &= \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCI,gr}(\Box) \\
C_{ep\_ecs\_m}^{CESCI,gr} &= \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCI,gr}(\Box) \cdot Coef_{ep(en)})
\end{aligned} \tag{2032}$$

$$\begin{aligned}
C_{ef\_ecs}^{CESCI,gr} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{CESCI,gr} \\
C_{ep\_ecs}^{CESCI,gr} &= \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{CESCI,gr}
\end{aligned} \tag{2033}$$

9.16.3.4.3.3 Consommations en énergie finale et primaire par type d'énergie

Si les appoints des ballons de l'assemblage CESCI sont par hypothèse de même nature (type d'énergie, puissance maximale,...), les informations qui sortent de l'assemblage CESCI doivent respecter un certain formalisme. C'est pourquoi il est nécessaire de construire les matrices des consommations par type d'énergie.

9.16.3.4.3.3.1 Pour l'assemblage CESCI

Les consommations par type d'énergie et par CESCI s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{CESCI}(\Box)) \tag{2034}$$

$$C_{ef\_fod}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{CESCI}(\Box)) \tag{2035}$$

$$C_{ef\_c\Box a}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{CESCI}(\Box)) \tag{2036}$$

$$C_{ef\_boi}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{CESCI}(\Box)) \tag{2037}$$

$$C_{ef\_ele}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{CESCI}(\Box)) \tag{2038}$$

$$C_{ef\_rdc}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{CESCI}(\Box)) \tag{2039}$$

$$C_{ep\_gaz}^{CESCI} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{CESCI} \quad (2040)$$

$$C_{ep\_fod}^{CESCI} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{CESCI} \quad (2041)$$

$$C_{ep\_cha}^{CESCI} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{CESCI} \quad (2042)$$

$$C_{ep\_boi}^{CESCI} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{CESCI} \quad (2043)$$

$$C_{ep\_ele}^{CESCI} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{CESCI} \quad (2044)$$

$$C_{ep\_rdc}^{CESCI} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{CESCI} \quad (2045)$$

9.16.3.4.3.3.2 Pour l'assemblage CESCI et par groupe

Les consommations par type d'énergie et par CESCI, pour un groupe, s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;10)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (2046)$$

$$C_{ef\_fod}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;20)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (2047)$$

$$C_{ef\_ca}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;30)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (2048)$$

$$C_{ef\_boi}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;40)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (2049)$$

$$C_{ef\_ele}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;50)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (2050)$$

$$C_{ef\_rdc}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;60)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (2051)$$

$$C_{ep\_gaz}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{CESCI,gr} \quad (2052)$$

$$C_{ep\_fod}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{CESCI,gr} \quad (2053)$$

$$C_{ep\_cha}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{CESCI,gr} \quad (2054)$$

$$C_{ep\_boi}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{CESCI,gr} \quad (2055)$$

$$C_{ep\_ele}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{CESCI,gr} \quad (2056)$$

$$C_{ep\_rdc}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{CESCI,gr} \quad (2057)$$

9.16.3.4.4 **Energie restante à fournir par les générateurs**

dans le cas d'appoint intégré (Type_PCAD=0)

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, pour les PCAD de type appoint intégré ou appoint séparé, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s)

associés au ballon.

$$Q_{rest}^{gnr}(h) = 0 \quad (2058)$$

Dans le cas des appoints séparés instantanés (Type_PCAD=2) De manière similaire aux principes définis par la gestion régulation de la génération, l'énergie restante au niveau du générateur instantané d'appoint sera reportée au pas de temps suivants.

9.16.3.4.5 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de l'assemblage CESCO récupérables par l'ambiance concernent les ballons décentralisés et leurs générateurs d'appoint (appartenant à un groupe) mais aussi la boucle solaire.

9.16.3.4.5.1 Au niveau de l'assemblage CESCO

La génération centralisée ne contient que la boucle solaire (ses pertes thermiques vers l'ambiance seront réparties au prorata des groupes desservis dans les algorithmes des pertes récupérables).

$$\Phi_{tot\_vc}^{gen}(h) = \Phi_{vc}^{BS}(h) \quad (2059)$$

9.16.3.4.5.2 Au niveau du (des) groupe(s)

Les pertes thermiques des ballons et générateurs d'appoints décentralisés sont directement récupérables par les ambiances du groupe auquel ils appartiennent.

$$\Phi_{dec\_vc}^{sto}(h) = \sum_{sto \in gr} (nb_{sto} * Pe(h)) * Is_{sto\_vc} \quad (2060)$$

$$\Phi_{dec\_vc}^{gnr}(h) = \sum_{gnr \in gr} (nb_{sto} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2061)$$

$$\Phi_{tot\_vc}^{gen,gr}(h) = \Phi_{tot\_vc}^{gen}(h) * Rat_{surf}^{gen,gr} \quad (2062)$$

9.17 S2_GEN_CESCAI

9.17.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme décrit l'assemblage des fiches principales constituant le système solaire collectif à appoint individuel (ou CESCAI). On trouve ce type de production en logements collectifs.

Cette production est constituée d'un élément de stockage centralisé, alimentée uniquement par une boucle solaire. De ce stockage central part un réseau de distribution intergroupe qui alimente des ballons décentralisés (ou individuels). Chacun de ces ballons intègre un appoint, dans le cas où l'énergie extraite du ballon solaire est insuffisante pour couvrir la totalité de la demande d'énergie.

Comme le CESCO, le CESCAI est de même nature dans le code qu'une génération.

9.17.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 295 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées à l'assemblage CESCOI.

Entrées du système						
Nom	Description	Unité				
I_{sr}^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²				
$\theta_e(h)$	Température extérieure	°C				
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C				
$A_{gr,em-e}$	Surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	m ²				
$Q_{w\_2nd-e}(h)$	Besoins d'ECS majorés des pertes de distributions du groupe	Wh				
h_{leg}	Heure légale (+voir fiche(s) d'assemblage du (ou des) générateurs)	h				
Paramètres intrinsèques du système						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
nb_{sto}^B	Nombre de ballons de stockage décentralisés de l'ensemble {B} strictement identiques	-	0	$+\infty$	-	
nb_{sto}^{centr}	Nombre de ballons de stockage centralisés (voir paramètres des fiches de l'assemblage)	-	0	$+\infty$	1	
Paramètres d'intégration du système						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$Type\_PCAD$	Type de production centralisée à appoints décentralisés :					
	0- CESCOI (Chauffe-Eau Solaire Collectif Individualisé)	-	0	1		
	1- CESCOAI (Chauffe-Eau Solaire Collectif à Appoint Individuel)					
nb_{ens}	Nombre d'ensemble de ballons décentralisés strictement identiques	-	0	$+\infty$	-	
id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage					
	- 1 : Chauffage,					
	- 2 : Refroidissement,					
	- 3 : ECS,	Ent.	1	5	3	
	- 4 : Chauffage et ECS,					
pos_{gen}	- 5 : Chauffage et refroidissement.					
	Position de l'assemblage CESCOAI					
	0 : Hors volume chauffé, 1 : En volume chauffé. (voir paramètres des fiches de l'assemblage)	Ent	0	1		
Sorties						
Nom	Description	Unité				
$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution intergroupes d'ECS	Wh				

P ert : Gnr dece : Gén érati	W_{aux_prim-e}	Consommation des auxiliaires du réseau de distribution intergroupes d'ECS	Wh
	$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
	$\Phi_{dec\_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes des ballons décentralisés de l'ECS.	Wh
	$\Phi_{dec\_vc}^{gnr}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh
	$\Phi_{tot\_vc}^{gen}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires du CESCOI (càd de la génération) transmises au volume chauffé.	Wh
	$Rat_{surf}^{gen,gr}$ $= Rat_{surf}^{CESCAI,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-
	$E_{sol\_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise à l'échangeur de la boucle solaire	Wh/an
	$E_{ef\_aux\_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
	$\{Q_{cef(poste;energie)}^{CESCAI}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
	$\{Q_{cef(poste;energie)}^{CESCAI,gr}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
	$C_{ef\_ecs\_m}^{CESCAI}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI	Wh
	$C_{ep\_ecs\_m}^{CESCAI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI	Wh
	$C_{ef\_ecs}^{CESCAI}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI	Wh
	$C_{ep\_ecs}^{CESCAI}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI	Wh
	$C_{ef\_ecs\_m}^{CESCAI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
	$C_{ep\_ecs\_m}^{CESCAI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
	$C_{ef\_ecs}^{CESCAI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
	$C_{ep\_ecs}^{CESCAI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
	$\{C_{ef\_gaz}^{CESCAI}, C_{ef\_fod}^{CESCAI}, C_{ef\_cha}^{CESCAI}, C_{ef\_boi}^{CESCAI}, C_{ef\_ele}^{CESCAI}, C_{ef\_rdc}^{CESCAI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par CESCOI	Wh
	$\{C_{ep\_gaz}^{CESCAI}, C_{ep\_fod}^{CESCAI}, C_{ep\_cha}^{CESCAI}, C_{ep\_boi}^{CESCAI}, C_{ep\_ele}^{CESCAI}, C_{ep\_rdc}^{CESCAI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie par CESCOI	Wh
	$\{C_{ef\_gaz}^{CESCAI,gr}, C_{ef\_fod}^{CESCAI,gr}, C_{ef\_cha}^{CESCAI,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale par CESCOI et par groupe	Wh

$$\begin{aligned} &gr, \\ &C_{ef\_boi}^{CESCAI,g} \\ &r, \\ &C_{ef\_ele}^{CESCAI,g} \\ &r, \\ &C_{ef\_rdc}^{CESCAI,g} \\ &r\} \\ &\{C_{ep\_gaz}^{CESCAI,g}, \\ &C_{ep\_fod}^{CESCAI,g}, \\ &C_{ep\_cha}^{CESCAI,g}, \\ &C_{ep\_boi}^{CESCAI,g}, \\ &C_{ep\_ele}^{CESCAI,g}, \\ &C_{ep\_rdc}^{CESCAI,g}\} \end{aligned}$$

Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire par CESCOI et par groupe

Wh

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	$Id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : chauffage, 2: refroidissement, 3: ECS)	Ent
	$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération <i>gen</i> . »	°C
	V_p	Volume horaire puisé	L/h
	$Q_{fou\_sto\_ap}$	Energie fournie par l'élément chauffant d'appoint	W
	Pe_z	Pertes thermiques des zones du ballon	W
	$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance d'un générateur d'appoint	Wh
	Q_{sol}	Energie transférée à l'échangeur du ballon centralisé	W
	$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
	θ_{moy_prim-e}	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
Distribution intergrp.	$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
	$\Phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
	$Rat_{besoins\_sec-e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCOI sur la somme de tous les besoins d'ECS du CESCOI	-
Propres à l'assemblage	$Q_{contenue}^{centr}(h)$	Energie contenue dans le ballon centralisé	Wh
	$Q_{dispo}(h)$	Energie disponible en entrée des appoints décentralisés	Wh
	$Q_{dispo\_ens}^B(h)$	Energie disponible en entrée d'un ensemble d'appoints décentralisés	Wh
	$Q_{fou\_ens}^B(h)$	Energie fournie à un ensemble d'appoints décentralisés	Wh

$Q_{fou\_unit}(h)$	Energie fournie à un appoint décentralisé d'un ensemble	Wh
dec	Indicateur précisant que l'objet est décentralisé (ou individuel)	-
$centr$	Indicateur précisant que l'objet est centralisé (ou collectif)	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163
$\{Coef_{ep(énergie)}\}$	Vecteur des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-

Tableau 295 : Nomenclature du modèle

9.17.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DU CESCOI

Cet assemblage est particulier dans le sens où l'ordre « classique » des calculs (des émetteurs aux générateurs) est modifié.

Dans le cas du CESCOI, les calculs s'articulent autour des éléments de stockage décentralisés (notation *déc*). D'une part, on calcule les besoins à assurer par ces ballons, d'autre part l'apport d'énergie provenant du ballon central (notation *centr*).

9.17.3.1 **Prétraitement des données**

L'évaluation des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et le calcul des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage est détaillé ci-dessous.

9.17.3.1.1 **Type d'assemblage**

Les algorithmes ci-dessous décrivent l'assemblage CESCOI.

$$Type_{PCAD} = 1 \quad (2063)$$

9.17.3.1.2 **Fonction de l'assemblage**

L'assemblage ne peut assurer que des besoins d'ECS. Les ballons centralisé et décentralisés ainsi que les générateurs de base et d'appoint ont la même fonction, c'est-à-dire que

$$\begin{aligned} Id_{fousto}^{centr} &= 3 \\ Id_{fousto}^{dec} &= 3 \\ Id_{fougen} &= 3 \end{aligned} \quad (2064)$$

9.17.3.1.3 **Ballons centralisé et décentralisés**

Le ballons centralisé est un « ballon base seule » (avec un échangeur). Les ballons décentralisés sont de type « base+ appoint intégré ».

$$Nb_{sto}^{centr} = 1 \quad et \quad \begin{cases} Type_{prod\_stockage}^{centr} = 0 \\ Type_{prod\_stockage}^{dec} = 1 \end{cases} \quad (2065)$$

9.17.3.1.4 **Position de l'échangeur de la boucle solaire dans le ballon centralisé**

L'échangeur de la boucle solaire et la sonde de température se situent dans la zone inférieure du ballon. Le ballon centralisé est un ballon base seule.

$$z_{base}^{centr} = z_{reg\_base}^{centr} = 1 \quad (2066)$$

9.17.3.1.5 Température de consigne des ballons

Les températures de consigne des ballons sont conventionnellement figées à 55°C.

$$\begin{aligned}\theta_{c\_base}^{centr} &= 55^{\circ}C \\ \theta_{c\_base}^{dec} &= \theta_{c\_appoint}^{dec} = 55^{\circ}C\end{aligned}\quad (2067)$$

9.17.3.1.6 Ratio des besoins de chaque groupe

L'ensemble des distributions internes au groupe reliées au CESCOI peut appartenir à un ou plusieurs groupes. Le calcul suivant permettra de répartir les consommations en énergie finale du CESCOI dans chacun des groupes, au prorata de leurs besoins.

$$Rat_{besoins\_sec\_e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)} \quad (2068)$$

9.17.3.1.7 Ratio des surfaces de chaque groupe desservi

Le calcul suivant permettra de répartir les pertes thermiques des composants centralisés du CESCOI (c'est-à-dire la boucle solaire, le ballon central et la distribution intergroupe) dans chacun des groupes, au prorata de leurs surfaces.

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = Rat_{surf}^{CESCOI,gr} = \frac{\sum_{em-e \in gr} Agr,em-e}{\sum_{em-e \in CESCOI} Agr,em-e} \quad (2069)$$

9.17.3.1.8 Demande d'énergie au niveau d'un ballon individuel

Un ensemble de ballons B reçoit une demande d'énergie (la notion d'ensembles de ballons a déjà été abordée avec les CESCOI. Nous reprenons cette même approche pour le CESCOI). La demande d'énergie au niveau d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre de ballons individuels de l'ensemble nb_{sto}^B .

$$Q_{w\_sto\_unit-e} = \frac{\sum_{ds-e \in B} Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (2070)$$

9.17.3.1.9 Température au niveau des ballons décentralisés

Pour chaque ensemble de ballons décentralisés, la température de l'eau à fournir est celle du réseau de distribution du groupe connecté au ballon. (Cette température impacte le puisage d'eau chaude dans les ballons décentralisés).

$$\theta_{ecs\_max}^{gen} = \theta_{2nd-e}^{ds-e} \quad (2071)$$

9.17.3.1.10 Température d'eau froide entrant dans le ballon central

Par ailleurs, l'eau entrant dans le ballon central est de l'eau froide :

$$\theta_{entrant}^{centr}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (2072)$$

9.17.3.1.11 Température d'eau froide entrant dans les ballons décentralisés

La température de l'eau entrant dans les ballons décentralisés est égale à la température moyenne de la distribution intergroupe.

$$\theta_{entrant}^{dec}(h) = \theta_{moy\_prim-e}(h) \quad (2073)$$

9.17.3.1.12 Emplacement des éléments du CESCOI (en volume chauffé ou hors volume chauffé)

La position du ballon centralisé et sa boucle solaire dépendent de celle de l'assemblage. Les ballons décentralisés seront supposés être toujours en volume chauffé.

9.17.3.1.13 Température ambiante au niveau de l'assemblage

La température ambiante sera utilisée pour le calcul des pertes thermiques de la boucle solaire, de la distribution intergroupe et des ballons. En volume chauffé, elle est supposée constante.

Si $Pos_{gen}=0$ (hors volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (2074)$$

Si $Pos_{gen}=1$ (en volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = 20^{\circ}C$$

9.17.3.2 **Ordre des calculs**

La première partie concerne les composants centralisés de l'assemblage (boucle solaire, ballon central et distribution intergroupes). La seconde partie consiste à faire les calculs des appoints décentralisés.

Au début du pas de temps, les températures de tous les ballons sont connues.

COMPOSANTS CENTRALISES

12. Première étape : [ballon central] calcul de l'énergie contenue

Cette étape consiste à calculer l'énergie contenue dans le ballon solaire centralisé. Son champ de température au début du pas de temps est connu.

$$Q_{contenue}^{centr} = \rho_w \cdot C_w \cdot \sum_{z=1}^{N_{zone}} \left(V_z \cdot (\theta_{bz}^{centr}(h-1) - \theta_{cw}) \right) \quad (2075)$$

13. Deuxième étape : la (ou les) distribution(s) intergroupe

La distribution intergroupe d'ECS relie le ballon centralisé à des appoints décentralisés. Elle sera supposée bouclée ($type_{reseau\_intergroupe}=1$). Il est possible d'avoir plusieurs distributions intergroupes connectées au ballon central. Les pertes thermiques des distributions intergroupes, calculées à partir de la température de la zone supérieure du ballon central ($\theta_{depart\_prim-e} = \theta_{bz}^{centr}$), sont déduites de l'énergie totale contenue dans le ballon.

14. Troisième étape : calcul de l'énergie disponible en sortie de distribution intergroupe

A partir de l'énergie contenue dans le ballon centralisé et en retranchant les pertes du réseau de distribution intergroupe (s'il y a plusieurs distributions intergroupe, elles seront, par hypothèse, toutes à la même température), nous calculons l'énergie disponible qu'il est possible de fournir aux ballons décentralisés.

$$Q_{dispo}(h) = \max \left(0; Q_{contenue}^{centr}(h) - \sum_{dp-e \leftarrow CESCAI} (\phi_{pertes\_vc\_prim-e}^{dp-e}(h) + \phi_{pertes\_hvc\_prim-e}^{dp-e}(h)) \right) \quad (2076)$$

Il s'agit désormais de répartir cette énergie dans chaque ensemble de ballons. Le principe est le suivant :

Pour chaque ensemble $\{B\}$

$$Q_{dispo\_ens}^B(h) = Q_{dispo}(h) \cdot \frac{V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCAI} (V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B)} \quad (2077)$$

Cette partie est indépendante de la première. Elle est à la convergence des calculs : d'un côté, on reçoit la demande d'ECS des distributions du groupe (la demande d'énergie d'un ensemble de ballons correspond à celle des distributions du groupe connectées à l'ensemble) ; d'un autre côté, on reçoit un apport d'énergie, fournie par le ballon solaire centralisé et corrigée par les pertes de distribution intergroupe. Les générateurs d'appoint compléteront la demande dans le cas où l'énergie solaire est insuffisante pour couvrir la totalité des besoins.

Les calculs ci-dessous sont faits pour un ballon de chaque ensemble B .

15. Quatrième étape : [appoints ballons] volume puisé et énergie requise

La première étape débute par un calcul itératif entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage » pour le calcul du volume puisé (à partir de $Q_{w\_sto\_unit-e}$).

A chaque itération, le volume puisé calculé (à partir de la température de la zone supérieure du ballon de l'itération précédente) est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Ces derniers déterminent les températures du ballon après un éventuel mélange, mais sans tenir compte des apports de puissance et des pertes du ballon.

A la fin de la boucle itérative, le nouveau champ de températures du ballon après puisage est connu. Le calcul de l'énergie requise nécessaire pour remonter en température le ballon par le générateur de base n'est pas utile dans cet assemblage.

16. Cinquième étape : calcul de l'énergie réellement fournie

Avant de fournir au ballon une certaine quantité d'énergie provenant du réseau intergroupe, il est nécessaire de faire un test sur les températures. L'eau des ballons doit être plus froide que l'eau de la distribution intergroupe.

L'énergie fournie dans un ensemble de ballon s'exprime donc de la façon suivante :

$$Q_{fou\_ens}^B(h) = \min \left[Q_{dispo\_ens}^B(h); nb_{sto}^B \cdot \rho_w \cdot C_w \cdot \max \left(0; \sum_{z=1}^{N_{zone}} \left(V_z \cdot (\theta_{moy\_prim-e}(h) - \theta_{bz}^{dec}(Nb_{iter\_vp})) \right) \right) \right] \quad (2078)$$

Pour un ballon individuel appartenant à l'ensemble $\{B\}$,

$$Q_{fou\_unit}(h) = \frac{Q_{fou\_ens}^B(h)}{nb_{sto}^B} \quad (2079)$$

17. Sixième étape : [appoints ballons] calcul des températures

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

- La zone $z = 1$ reçoit l'énergie du réseau intergroupe $Q_{fou\_unit}(h)$. Les pertes thermiques sont également comptées.

6. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
7. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
8. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Une fois l'énergie reçue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

18. Septième étape : gestion-régulation de l'appoint du ballon

La position de l'appoint dans le ballon dépend du type de ballon. Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

19. Huitième étape : assemblage générateur pour stockage (appoint)

L'assemblage générateur détermine à partir de l'énergie requise $Q_{req\_sto\_ap}$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier, l'énergie réellement fournie au ballon.

20. Neuvième étape : l'élément de stockage ECS

A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone z_{ap} sera intégrée au calcul des températures du ballon.

COMPOSANTS CENTRALISES (suite)

21. Dixième étape : le ballon central d'ECS

L'énergie injectée dans les ballons décentralisés est soutirée du ballon centralisé. Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La zone $z = 1$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,1} = 0$. Les pertes ne sont pas comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$. Les pertes ne sont pas comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,3} = 0$. Les pertes ne sont pas comptées.
4. On comptabilise dans la zone supérieure $z = 4$ du ballon centralisé l'énergie totale fournie au réseau de distribution intergroupe $Q_{i,4}$ avec

$$Q_{i,4} = \min \left(0; - \left(\sum_{B \in \text{CESCAI}} Q_{\text{fou\_ens}}^B(h) + \sum_{dp-e \leftarrow \text{CESCAI}} (\varphi_{\text{pertes\_vc\_prim-e}}^{dp-e}(h) + \varphi_{\text{pertes\_hvc\_prim-e}}^{dp-e}(h)) \right) \right) \quad (2080)$$

Les pertes du ballon ne sont pas comptées.

22. Onzième étape : la boucle solaire

La boucle solaire fournit au ballon central la chaleur provenant des capteurs solaires, tant que ce dernier ne dépasse pas sa température maximale.

Le (ou les) échangeur(s) est (sont) intégré(s) au modèle de boucle solaire. Cette dernière reçoit, comme température aval, la température inférieure du ballon centralisé ($\theta_{\text{aval}}^{\text{BS}}(h) = \theta_{\text{b1}}^{\text{centr}}(h)$).

La puissance de (ou des) pompe(s) de la boucle solaire sera ajoutée à la consommation des auxiliaires électriques de l'assemblage.

23. Douzième étape : le ballon central d'ECS

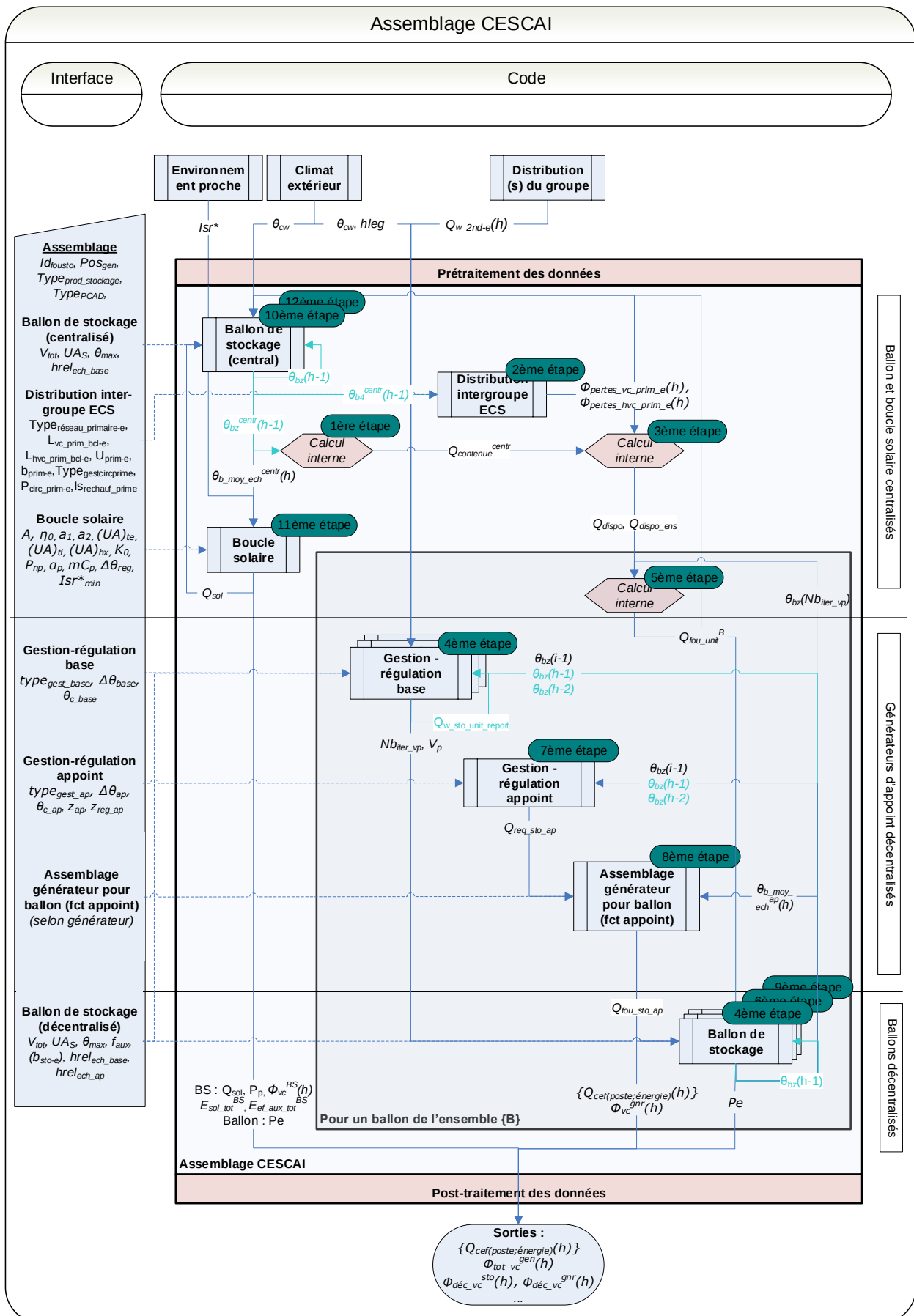
Après injection de l'énergie solaire dans le ballon central, il faut recalculer le champ de températures du ballon.

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La boucle solaire est connectée à la zone $z = z_{\text{base}}^{\text{centr}} = 1$ donc l'entrée du ballon $Q_{i,1}$ reçoit la sortie de la boucle solaire Q_{sol} . Les pertes thermiques sont également comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Le ballon met ensuite à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

L'assemblage de la production Solaire Collective à Appoints individualisés



9.17.3.4 *Post-traitement des données*

9.17.3.4.1 Calcul des consommations finales horaires d'ECS

9.17.3.4.1.1 *Pour l'assemblage CESCOI*

Dans le cas du CESCOI, la consommation en énergie finale est la somme des consommations de tous les générateurs d'appoint (présentées sous forme de matrice) ajoutée à la consommation de la pompe de la boucle solaire (les consommations des auxiliaires de distributions du réseau intergroupe sont comptabilisées dans la fiche algorithme calculs_groupe). Elle s'exprime, à chaque pas de temps, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(po;energie)}^{CESCOI}(h)\} = \sum_{\{B\}} (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(3;energie)}^{gnr-ap}(h)\}) + \{Q_{cef(3;energie)}^{BS}(h)\} \quad (2081)$$

9.17.3.4.1.2 *Par groupe*

$$\{Q_{cef(po;energie)}^{CESCOI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(po;energie)}^{CESCOI}(h)\} * Rat_{besoins\_sec\_e}^{gr}(h) \quad (2082)$$

9.17.3.4.2 Calcul des consommations mensuelles et annuelles d'ECS

Les consommations en énergies finale et primaire de l'assemblage CESCOI sont présentées sous forme mensuelles et annuelles, au niveau de l'assemblage et au niveau du groupe.

9.17.3.4.2.1 *Pour l'assemblage CESCOI*

$$C_{ef\_ecs\_m}^{CESCOI} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCOI}(h) \quad (2083)$$

$$C_{ep\_ecs\_m}^{CESCOI} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCOI}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef\_ecs}^{CESCOI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{CESCOI} \quad (2084)$$

$$C_{ep\_ecs}^{CESCOI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{CESCOI}$$

9.17.3.4.2.2 Par groupe

$$C_{ef\_ecs\_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCAI,gr}(h)$$

$$C_{ep\_ecs\_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCAI,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (2085)$$

$$C_{ef\_ecs}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef\_ecs\_m}^{CESCAI,gr}$$

$$C_{ep\_ecs}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep\_ecs\_m}^{CESCAI,gr} \quad (2086)$$

9.17.3.4.2.3 Consommations en énergie finale et primaire par type d'énergie

Comme pour les générations, les informations qui sortent de l'assemblage CESCAI doivent respecter un certain formalisme.

9.17.3.4.2.3.1 Pour l'assemblage CESCAI

Les consommations par type d'énergie et par CESCAI s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;10)}^{CESCAI}(h) \quad (2087)$$

$$C_{ef\_fod}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;20)}^{CESCAI}(h) \quad (2088)$$

$$C_{ef\_cha}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;30)}^{CESCAI}(h) \quad (2089)$$

$$C_{ef\_boi}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;40)}^{CESCAI}(h) \quad (2090)$$

$$C_{ef\_ele}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;50)}^{CESCAI}(h) \quad (2091)$$

$$C_{ef\_rdc}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;60)}^{CESCAI}(h) \quad (2092)$$

$$C_{ep\_gaz}^{CESCAI} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{CESCAI} \quad (2093)$$

$$C_{ep\_fod}^{CESCAI} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{CESCAI} \quad (2094)$$

$$C_{ep\_cha}^{CESCAI} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{CESCAI} \quad (2095)$$

$$C_{ep\_boi}^{CESCAI} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{CESCAI} \quad (2096)$$

$$C_{ep\_ele}^{CESCAI} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{CESCAI} \quad (2097)$$

$$C_{ep\_rdc}^{CESCAI} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{CESCAI} \quad (2098)$$

9.17.3.4.2.3.2 Pour l'assemblage CESCAI et par groupe

Les consommations par type d'énergie et par CESCAI, pour un groupe, s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef\_gaz}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;10)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (2099)$$

$$C_{ef\_fod}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;20)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (2100)$$

$$C_{ef\_cha}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;30)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (2101)$$

$$C_{ef\_boi}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;40)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (2102)$$

$$C_{ef\_ele}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;50)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (2103)$$

$$C_{ef\_rdc}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;60)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (2104)$$

$$C_{ep\_gaz}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef\_gaz}^{CESCAI,gr} \quad (2105)$$

$$C_{ep\_fod}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef\_fod}^{CESCAI,gr} \quad (2106)$$

$$C_{ep\_cha}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef\_cha}^{CESCAI,gr} \quad (2107)$$

$$C_{ep\_boi}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef\_boi}^{CESCAI,gr} \quad (2108)$$

$$C_{ep\_ele}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef\_ele}^{CESCAI,gr} \quad (2109)$$

$$C_{ep\_rdc}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef\_rdc}^{CESCAI,gr} \quad (2110)$$

9.17.3.4.3 **Energie restante à fournir par les générateurs**

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon (base et appoint).

$$Q_{rest}^{gnr}(h) = 0 \quad (2111)$$

9.17.3.4.4 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de l'assemblage CESCOI récupérables par l'ambiance concernent les ballons centralisé et décentralisés et les générateurs : boucle solaire commune à plusieurs groupes et appoints (appartenant à un groupe).

9.17.3.4.4.1 *Au niveau de l'assemblage CESCOI*

La génération centralisée contient la boucle solaire et le ballon centralisé (leurs pertes thermiques vers l'ambiance seront réparties au prorata des groupes desservis dans les algorithmes des pertes récupérables).

$$\Phi_{tot\_vc}^{gen}(h) = \Phi_{vc}^{BS}(h) \quad (2112)$$

$$\Phi_{svc}^{sto,centr}(h) = Pe^{centr}(h) * Is_{sto\_vc} \quad (2113)$$

9.17.3.4.4.2 *Au niveau du (des) groupe(s)*

Les pertes thermiques des ballons et générateurs d'appoints décentralisés sont directement récupérables par les ambiances du groupe auquel ils appartiennent.

$$\Phi_{déc\_vc}^{sto}(h) = \sum_{sto \in gr} (nb_{sto} * Pe(h)) \quad (2114)$$

$$\Phi_{déc\_vc}^{gnr}(h) = \sum_{gnr \in gr} (nb_{sto} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2115)$$

9.18 C_STO_Gestion- régulation_de_la_Boucle_de_Chauffage_Solaire

9.18.1 INTRODUCTION

Les systèmes solaires combinés comportent une boucle de chauffage, dont le rôle est de transférer de la chaleur solaire au bâtiment, pour ses besoins de chauffage. La boucle de chauffage sera modélisée par ailleurs avec des composants d'émission et de distributions.

La boucle de chauffage n'est présente que dans les assemblages modélisant les systèmes solaires combinés.

Le modèle décrit ci-dessous explicite les algorithmes de gestion-régulation de la boucle de chauffage, c'est-à-dire les conditions de sa mise en route. Les calculs interviennent après le puisage d'ECS dans le ballon de stockage et juste avant celui d'eau chaude pour le chauffage.

9.18.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 296 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de gestion-régulation de la boucle de chauffage.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
$\theta_{bz}(h)$	Températures des zones du ballon à la fin du pas de temps h	°C			
$\theta_{bz}(Nb_{iter\_v}, p)$	Températures des zones du ballon à la fin de la boucle itérative pour le puisage d'ECS	°C			
$Q_{req\_ch}(h)$	Demande de chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh			
$\mathcal{R}_G$	$\theta_{ch\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution primaires de chaud connectés à la génération gen .	°C		
	$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante (calculée au niveau de la génération)	°C		
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage 0- Ballon base sans appoint 1- Ballon base plus appoint intégré 2- Ballon base plus appoint dans stockage séparé 3- Ballon base plus appoint séparé instantané 4-SSC avec appoint chauffage par système indépendant 5- SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage	Ent.	0	5	-
$\Delta\theta_{reg}^{bcl\_ch}$	Valeur de réglage de la régulation de la boucle de chauffage	K	0	$+\infty$	
Z_{ech_ch}	Position de l'échangeur de la boucle de chauffage dans le ballon	-	1	N_{zone}	
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Q_{puisé\_ch\_SSC}(h)$	Chaleur puisée dans le ballon pour assurer la demande d'énergie de chauffage	Wh			
$Q_{rest\_ch}(h)$	Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour le chauffage	Wh			
Variables internes					
Nom	Description	Unité			

$Q_{sto\_dispo\_ch\_SSC}(h)$	Energie disponible dans la partie basse du ballon pour assurer tout ou partie de la demande d'énergie en chauffage d'un SSC	Wh
$Q_{puisé\_ch\_SSC\_int}(h)$	Energie intermédiaire de chauffage puisée dans le ballon	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg .K)	1,163
V_{tot_1}	Volume total d'un ballon	L	200
V_{tot_2}	Volume total d'un ballon	L	2000
$UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_1})$	Coefficient d'échange de l'échangeur de la boucle de chauffage dans le ballon de stockage de volume V_{tot_1}	W/K	1200
$UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_2})$	Coefficient d'échange de l'échangeur de la boucle de chauffage dans le ballon de stockage de volume V_{tot_2}	W/K	12000

Tableau 296 : Nomenclature du modèle

9.18.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le modèle de gestion-régulation de la boucle de chauffage intègre :

- l'échangeur de la boucle de chauffage avec le ballon ;

Mais n'intègre pas :

- l'émetteur (plancher chauffant, radiateurs basse température,...) ;
- les réseaux de distribution entre le ballon et le(s) émetteur(s) ;
- les circulateurs de ces réseaux.

9.18.3.1 **Calculs préliminaires**

L'énergie puisée dans le ballon par la boucle de chauffage ne pourra excéder l'énergie contenue dans la partie basse du ballon, et à condition que la température de l'eau chaude du ballon soit supérieure à la température attendue par la génération pour le chauffage.

C'est pourquoi, au préalable, le calcul suivant est nécessaire :

$$Q_{sto\_dispo\_ch\_SSC}(h) = \sum_{z=1}^{z_{ech\_ch}} \left[\rho_w c_w V_z \cdot \max \left((\theta_{bz}(Nb_{iter\_vp}) - \theta_{puisage\_ch}(h)); 0 \right) \right] \quad (2116)$$

Où, pour prendre en compte l'échange de chaleur entre la boucle de chauffage et le ballon,

$$\theta_{puisage\_ch}(h) = \theta_{ch\_max}^{gen} + \frac{Q_{req\_ch}(h)}{UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot})} \quad (2117)$$

Où $UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot})$ est une interpolation linéaire du coefficient d'échange en fonction du volume.

$$UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot}) = \frac{UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_2}) - UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_1})}{V_{tot\_2} - V_{tot\_1}} \cdot V_{tot} + \frac{UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_1}) \cdot V_{tot\_2} - UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_2}) \cdot V_{tot\_1}}{V_{tot\_2} - V_{tot\_1}} \quad (2118)$$

$$\text{Avec } \begin{cases} V_{tot\_1} = 200L & UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_1}) = 1200W/K \\ V_{tot\_2} = 2000L & UA_{hx}^{bcl\_ch}(V_{tot\_2}) = 12000W/K \end{cases}$$

A un pas de temps h , l'énergie maximale que l'on peut puiser dans le ballon s'exprime de la manière suivante :

$$Q_{puisé\_ch\_SSC\_int} = \min(Q_{req\_ch}(h); Q_{sto\_dispo\_ch\_SSC}(h)) \quad (2119)$$

9.18.3.2 **Gestion-régulation de la boucle de chauffage**

La boucle de chauffage possède deux modes de gestion-régulation. Chacun est propre à un type de SSC.

9.18.3.2.1 Si l'appoint pour le chauffage est un système indépendant (type_{prod_stockage}=4)

Lorsque l'appoint se fait par un système indépendant, la boucle de chauffage est en action dès que l'énergie disponible dans le ballon est positive et dès que l'écart de température entre le ballon et l'ambiante est supérieur à un certain seuil :

Autrement dit, si :

$$(\theta_{b(z_{ech\_ch})}(h-1) - \theta_{amb}(h)) < \Delta\theta_{reg}^{bcl\_ch} \text{ ou } Q_{sto\_dispo\_ch\_SSC}(h) = 0 \quad (2120)$$

Alors :

$$\begin{cases} Q_{puisé\_ch\_SSC}(h) = 0 \\ Q_{rest\_ch}(h) = Q_{req\_ch}(h) \end{cases} \quad (2121)$$

Sinon,

$$\begin{cases} Q_{puisé\_ch\_SSC}(h) = Q_{puisé\_ch\_SSC\_int} \\ Q_{rest\_ch}(h) = Q_{req\_ch}(h) - Q_{puisé\_ch\_SSC\_int}(h) \end{cases} \quad (2122)$$

9.18.3.2.2 Si l'appoint pour le chauffage est raccordé à l'assemblage (type_{prod_stockage}=5)

Lorsque l'appoint se fait par un générateur instantané assurant aussi l'appoint ECS dans le ballon, la boucle de chauffage est en action dès que l'énergie disponible dans le ballon est égale aux besoins de chauffage $Q_{req\_ch}(h)$.

Si :

$$Q_{req\_ch\_puisé\_ch\_SSC\_int} < Q_{req\_ch}(h) < \quad (2123)$$

Alors :

$$\begin{cases} Q_{puisé\_ch\_SSC}(h) = 0 \\ Q_{rest\_ch}(h) = Q_{req\_ch}(h) \end{cases} \quad (2124)$$

Sinon

$$\begin{cases} Q_{puisé\_ch\_SSC}(h) = Q_{req\_ch}(h) \\ Q_{rest\_ch}(h) = 0 \end{cases} \quad (2125)$$

9.19 S2_GEN_Système_Solaire_Combiné_appoint_Chauffage_indépendant

9.19.1 INTRODUCTION

Des modèles de boucle solaire, ballon d'eau chaude, régulation du système de base et d'appoint, et boucle de chauffage ont été décrits dans des « fiches algorithmes ».

On définit ici l'assemblage de ces différents composants élémentaires pour obtenir un modèle de système solaire combiné caractérisé par les éléments suivants : ce SSC est constitué par un seul ballon, découpé en quatre zones

- dans la partie inférieure est présent l'échangeur de la boucle solaire ;
- l'échangeur d'une boucle de chauffage, dans la zone n°2, assure une partie des besoins de chauffage ;
- l'appoint intégré au ballon se situe en zone n°3. Compte tenu de la stratification du ballon, l'appoint ne réchauffe que les zones supérieures, ce qui pourra nécessiter d'avoir d'autres émetteurs/générateurs pour assurer la totalité de la demande de chauffage (mais cela ne fait pas l'objet de cet assemblage) ;
- enfin, en zone supérieure, l'ECS est puisée

Cet assemblage diffère des ballons solaires mixtes (ECS + chauffage) par la présence de l'échangeur de la boucle de chauffage.

9.19.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 297 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de système solaire combiné à appoint chauffage indépendant.

Entrées			
	Nom	Description	Unité
Env.pr oche	I_{sr}^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²
	$Q_{req\_ecs}(h)$	Demande en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
	$Q_{req\_ch}(h)$	Demande de chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
GR Gen.	$\theta_{ecs\_max}^{ge}_n$	Température maximale des réseaux de distribution primaires d'ECS connectés à la génération gen.	°C
	$\theta_{ch\_max}^{ge}_n$	Température maximale des réseaux de distribution primaires de chaud connectés à la génération gen.	°C
	$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante (calculée au niveau de la génération)	°C
	$id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : <i>chauffage</i> , 2: <i>refroidissement</i> , 3: <i>ECS</i>), pour les générateurs multifonctions.	Ent.
Climat ext.	h_{leg}	Heure légale	h
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur (+voir fiches <i>algorithme de l'assemblage</i>)	°C
Sorties			
	Nom	Description	Unité
	$\{Q_{assemblage\_cef}(h)\}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale de l'assemblage	Wh
	$\Phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques du ballon de stockage vers l'ambiance.	Wh
	$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
	$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du générateur d'appoint vers l'ambiance.	Wh
	$Q_{rest\_ch}(h)$	Demande de chauffage non-assurée par le ballon	Wh
	$E_{sol\_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise au ballon	Wh/an
	$E_{ef\_aux\_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
	Q_{sol}	Energie transférée par la boucle solaire à l'échangeur	Wh
	$n_{bh}^{ap\_temp\_sto\_insuff}$	Nombre d'heures consécutives pendant lesquelles le ballon n'a pas atteint sa température de consigne.	-

Paramètres intrinsèques de l'assemblage					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
(voir fiches algorithme de l'assemblage)					
Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$nb_{assembl}$	Nombre d'assemblages « SSC appoint indépendant » identiques à considérer au niveau de la génération (=1 dans cet assemblage)	-	1	$+\infty$	
	Fonction de l'élément de stockage:				
	- 1 : Chauffage,				
id_{fousto}	- 2 : Refroidissement,	Ent.	1	5	-
	- 3 : ECS,				
	- 4 : Chauffage et ECS,				
	- 5 : Chauffage et refroidissement.				
$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage				
	0- Ballon base sans appoint				
	1- Ballon base plus appoint intégré				
	2- Ballon base plus appoint dans stockage séparé				
	3- Ballon base plus appoint séparé instantané	Ent.	0	5	-
	4-SSC avec appoint chauffage par système indépendant				
	5- SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage				
Id_{pos_gen}	Position de la génération :				
	1 : En volume chauffé,	Ent	0	1	
	0 : Hors volume chauffé.				
(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)					
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
$E(i,j)$	Matrice de la base canonique (tous les coefficients sont nuls sauf le coefficient (i,j) qui vaut 1	-			
Constantes					
Nom	Description	Unité	Conv.		
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1		
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	1,163		

Tableau 297 : Nomenclature des différentes variables du modèle de système solaire combiné avec appoint indépendant pour le chauffage

9.19.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Ce paragraphe a pour objectif de préparer, à partir des informations de puissance et de température à fournir aux réseaux de distributions d'ECS et de chauffage (compilées par la gestion-régulation de la génération), le jeu de données d'entrées nécessaire au modèle du système solaire combiné à appoint intégré. L'ordre des calculs est présenté ci-dessous.

Les données d'entrée sont :

1. Les informations issues de la gestion-régulation de la génération
2. Les aspects d'irradiance de la boucle solaire décrit par I_{sr}^* et K_{θ} .
3. Des conditions extérieures à l'assemblage qui influent sur le ballon.

Au début de pas de temps, le champ de températures du ballon à la fin du pas de temps précédent est connu. L'ECS est prioritaire sur le chauffage.

9.19.3.1 **Prétraitement des données**

Ce paragraphe consiste à évaluer des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et à calculer des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

9.19.3.1.1 Type de production

Dans cet assemblage, si l'appoint, chauffant les zones supérieures, est intégré au ballon, celui pour le chauffage est indépendant.

$$Type_{prod\_sto}=4 \quad (2126)$$

9.19.3.1.2 Fonction de l'assemblage

L'assemblage « SSC à appoint intégré » ne fonctionne par définition qu'en mode mixte. Par contre, le générateur d'appoint fonctionne en mode ECS seule.

$$\begin{aligned} Id_{fousto} &= Id_{fougen}^{base}=4 \\ Id_{fougen}^{ap} &= 3 \end{aligned} \quad (2127)$$

9.19.3.1.3 Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

9.19.3.1.4 Position de la boucle solaire

Par hypothèse, l'échangeur de la boucle solaire se situe dans la zone inférieure du ballon :

$$Z_{base}=1 \quad (2128)$$

9.19.3.1.5 Position de la boucle de chauffage

Par hypothèse, l'échangeur de la boucle de chauffage se situe dans la zone n°2 du ballon :

$$Z_{ech\_ch}=2 \quad (2129)$$

9.19.3.1.6 Position du générateur d'appoint

Par hypothèse, l'échangeur du générateur d'appoint (et sa sonde de température) se situe dans la zone n°3 du ballon :

$$Z_{ap}= Z_{reg\_ap}=3 \quad (2130)$$

9.19.3.1.7 Température de consigne du ballon

Par convention, la température de consigne du ballon est de 55°C.

$$\theta_{c\_ap}=55 \text{ °C} \quad (2131)$$

Si le ballon n'atteint pas, au moins une fois sur 168h, sa température de consigne (θ_{c_ap}), le moteur lance l'alerte suivante : « Sur les 168 dernières heures, le ballon n'a jamais atteint sa température de consigne ».

Initialisation : $nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = 0$

$$\text{Si } \theta_{b4}(h) < \theta_{c\_ap}(h)$$

$$nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h-1) + 1 \quad (2132)$$

Sinon

$$nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = 0$$

Si $nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) > 168$, le moteur lance l'alerte.

9.19.3.1.8 Demande d'énergie

Par hypothèse, il n'est possible d'associer à un objet « SSC avec appoint chauffage indépendant » qu'un seul assemblage ($nb_{assembl}=1$). Pour le chauffage et pour l'ECS, on pose :

$$Q_{w\_sto\_unit}(h)=Q_{req}(h) \quad (2133)$$

9.19.3.1.9 Température d'eau entrant dans le ballon

Par ailleurs, l'eau entrant dans le ballon est de l'eau froide :

$$\theta_{entrant}(h)=\theta_{cw}(h) \quad (2134)$$

9.19.3.2 Ordre des calculs

1. La première étape : volume puisé d'ECS

La première étape débute par un calcul itératif entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage » pour le calcul du volume puisé.

A chaque itération, le volume puisé calculé (à partir de la température de la zone supérieure du ballon de l'itération précédente) est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Ces derniers déterminent les températures du ballon après un éventuel mélange, mais sans tenir compte des apports de puissance et des pertes du ballon.

A la fin de la boucle itérative, on connaît le champ de température du ballon après le puisage d'ECS.

2. Deuxième étape : gestion-régulation de la boucle de chauffage

Après le puisage de l'ECS, on puise dans le ballon l'énergie nécessaire pour assurer tout ou partie de la demande d'énergie de chauffage.

Les algorithmes déterminent, selon les conditions de gestion-régulation, l'énergie fournie du ballon à la boucle de chauffage et l'énergie restante à fournir.

3. Troisième étape : l'élément de stockage

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit (au cours de cette itération, les pertes ne sont pas comptées) :

1. La zone $z = 1$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,1} = 0$.
2. La zone $z = 2$ du ballon perd la chaleur spécifique au chauffage : $Q_{i,2} = -Q_{\text{puisé\_SSC\_ch}}(h)$. Les pertes sont nulles.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,3} = 0$.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$.

Une fois l'énergie reçue et/ou perdue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

Note : dans cet assemblage, la température moyenne vue par l'échangeur est la demi-somme de la température du pas de temps précédent et de la température après puisage du volume d'ECS et après extraction de la chaleur pour le chauffage.

4. Quatrième étape : calculs de la boucle solaire

A partir du rayonnement solaire, on calcule l'énergie solaire qui va être injectée dans le ballon (zone Z_{base}).

5. Cinquième étape : l'élément de stockage

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La zone $z = 1$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,1} = Q_{\text{fou\_sto\_base}}(h) = Q_{\text{sol}}(h)$. Mais les pertes sont comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Une fois l'énergie reçue et/ou perdue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

6. Sixième étape : gestion-régulation de l'appoint du ballon

L'échangeur de l'appoint dans le ballon est placé, pour cet assemblage, dans la zone n°3 du ballon.

Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

7. Septième étape : assemblage générateur pour stockage (appoint)

L'assemblage générateur détermine à partir de l'énergie requise $Q_{req\_sto\_ap}(h)$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier, l'énergie réellement fournie au ballon $Q_{fou\_sto\_ap}(h)$.

8. Huitième étape : l'élément de stockage

A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone z_{ap} sera intégrée au calcul des températures du ballon.

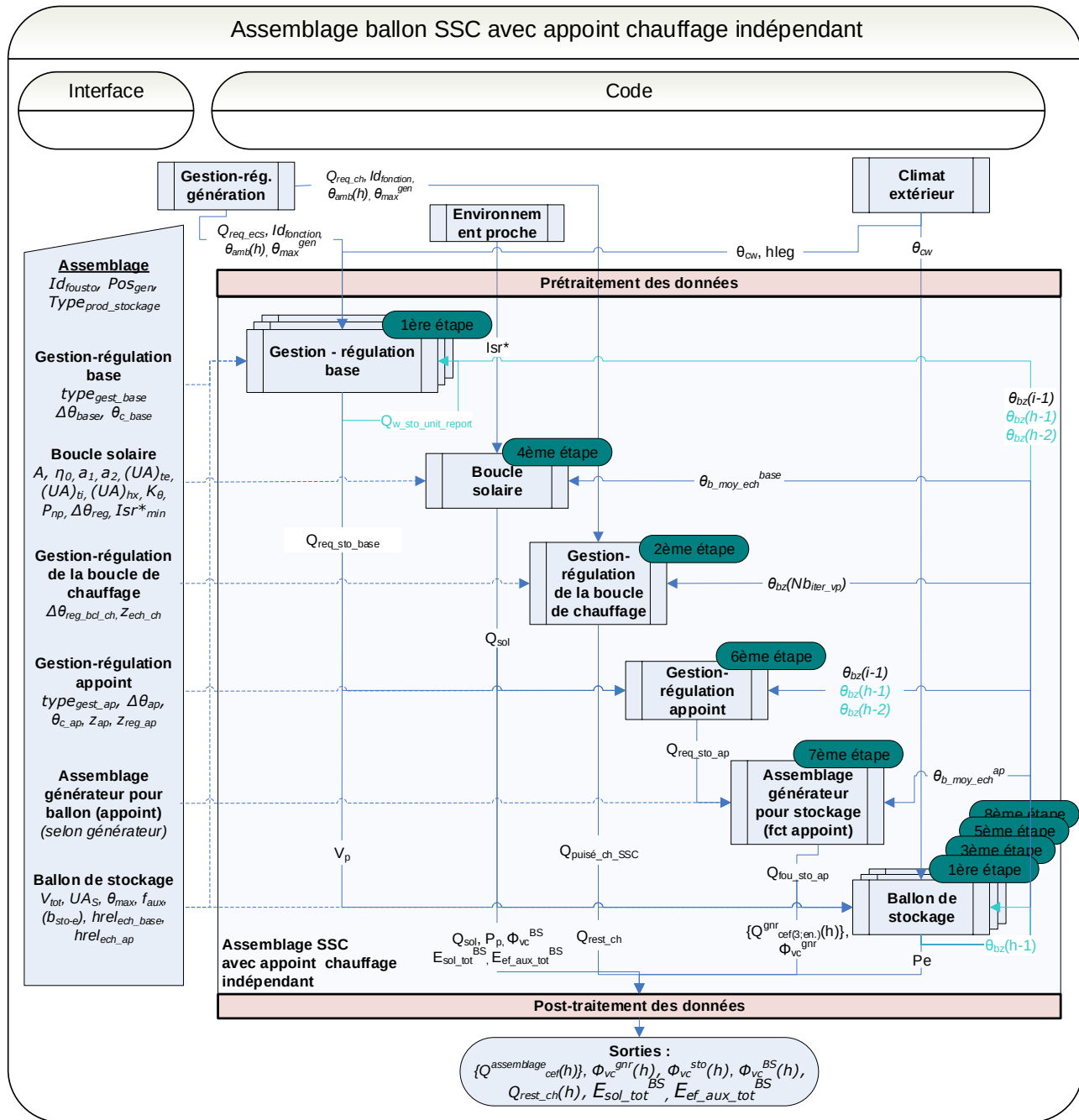


Figure 203 : schéma d'assemblage du modèle de système solaire combiné avec appoint indépendant pour le chauffage

9.19.3.4 **Traitement des données de sortie**

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage. Cette énergie vient du système d'appoint et de la pompe de la boucle solaire.

9.19.3.4.1 **Calcul des consommations d'ECS**

Dans le cas du SSC avec appoint indépendant pour le chauffage, la consommation en énergie finale s'exprime sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(poste;Idengen)}^{assemblage}(h)\} = nb_{assembl} * \left(\begin{array}{l} \{Q_{cef(3;Idengen)}^{gnr\_ap}(h)\} \\ + P_p(h) * \frac{Q_{req\_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req\_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req\_ch}(h) + Q_{req\_ecs}(h)} \end{array} \right) \quad (2135)$$

Note : l'équation ci-dessus intègre et remplace la matrice de sortie de la boucle solaire.

Note 2 : par hypothèse, toutes les consommations du générateur d'appoint sont attribuées à l'ECS.

Note 3 : De plus, si les deux $Q_{req}(h)$ sont nuls, les consommations de pompe solaire sont reportées sur l'ECS.

9.19.3.4.2 **Energie restante à fournir par le générateur d'appoint**

Dans le cas du SSC à appoint indépendant pour le chauffage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon.

$$Q_{rest}^{gnr\_ap}(h) = 0 \quad (2136)$$

9.19.3.4.3 **Calcul des pertes thermiques récupérables**

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé, s'écrivent (avec $nb_{assembl}=1$) :

$$\Phi_{vc}^{sto}(h) = (nb_{assembl} * Pe(h)) * Id_{pos\_gen} \quad (2137)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur d'appoint $\Phi_{vc}^{gnr}(h)$ issues de la fiche algorithme « Assemblage générateur pour ballon»,

$$\Phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2138)$$

ainsi que les pertes de la boucle solaire en volume chauffé,

$$\Phi_{vc}^{BS}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{BS}(h)) \quad (2139)$$

9.20 S2_GEN_Système_Solaire_Combiné_appoint_chauffage raccordé

9.20.1 INTRODUCTION

Des modèles de boucle solaire, ballon d'eau chaude, régulation du système d'appoint et boucle de chauffage ont été décrits dans des « fiches algorithmes ».

On définit ici l'assemblage de ces différents composants élémentaires pour obtenir un modèle de système solaire combiné caractérisé par les éléments suivants : ce SSC est constitué par un seul ballon, découpé en quatre zones

- dans la partie inférieure est présent l'échangeur de la boucle solaire ;
- l'échangeur d'une boucle de chauffage, dans la zone n°2, assure une partie des besoins de chauffage ;
- l'appoint intégré au ballon se situe en zone n°3. Ce générateur d'appoint assure simultanément l'appoint pour l'ECS en réchauffant le ballon mais aussi l'appoint pour le chauffage sur le principe d'un appoint séparé instantané. La priorité est donnée à l'ECS ;
- enfin, en zone supérieure, l'ECS est puisée

Cet assemblage diffère de l'assemblage « ballon avec appoint séparé instantané » en mode mixte (ECS + chauffage) par la présence de l'échangeur de la boucle de chauffage.

9.20.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 298 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de système solaire combiné à appoint pour le chauffage non indépendant.

Entrées			
	Nom	Description	Unité
Env.	I_{sr}^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²
	$Q_{req\_ecs}(h)$	Demande en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
	$Q_{req\_ch}(h)$	Demande de chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
GR Gen.	$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution primaires d'ECS connectés à la génération <i>gen</i> .	°C
	$\theta_{ch\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution primaires de chaud connectés à la génération <i>gen</i> .	°C
	$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante (calculée au niveau de la génération)	°C
	$\theta_{wm\_ch}^{gen}$	Température de fonctionnement des générateurs instantanés de chauffage	°C
	$id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : <i>chauffage</i> , 2: <i>refroidissement</i> , 3: <i>ECS</i>), pour les générateurs multifonctions.	Ent.
Clima	h_{leg}	Heure légale	h
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur (+voir fiches algorithme de l'assemblage)	°C
Sorties			
	Nom	Description	Unité
	$\{Q_{assemblage}^{e_{cef}}(h)\}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale de l'assemblage	Wh
	$\Phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques du ballon de stockage vers l'ambiance.	Wh
	$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
	$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du générateur d'appoint vers l'ambiance.	Wh
	$Q_{rest\_ch}(h)$	Demande de chauffage non-assurée par le ballon	Wh
	$E_{sol\_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise au ballon	Wh/an
	$E_{ef\_aux\_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
	Q_{sol}	Energie transférée par la boucle solaire à l'échangeur	Wh
	$n_{bh}^{ap_{temp\_s}}_{to\_insuff}$	Nombre d'heures consécutives pendant lesquelles le ballon n'a pas atteint sa température de consigne.	-

Paramètres intrinsèques de l'assemblage

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
(voir fiches algorithme de l'assemblage)					

Paramètres d'intégration du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$nb_{assembl}$	Nombre d'assemblages « SSC appoint indépendant » identiques à considérer au niveau de la génération (=1 dans cet assemblage)	-	1	$+\infty$	
id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage: - 1 : Chauffage, - 2 : Refroidissement, - 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS, - 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent.	1	5	-
$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage 0- Ballon base sans appoint 1- Ballon base plus appoint intégré 2- Ballon base plus appoint dans stockage séparé 3- Ballon base plus appoint séparé instantané 4-SSC avec appoint chauffage par système indépendant 5- SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage	Ent.	0	5	-
Id_{pos_gen}	Position de la génération : 1 : En volume chauffé, 0 : Hors volume chauffé. (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Ent	0	1	

Variables internes

Nom	Description	Unité
$E(i,j)$	Matrice de la base canonique (tous les coefficients sont nuls sauf le coefficient (i,j) qui vaut 1)	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
C_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	1,163

Tableau 298 : Nomenclature des différentes variables du modèle de système solaire combiné à appoint pour le chauffage raccordé à l'assemblage

9.20.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Ce paragraphe a pour objectif de préparer, à partir des informations de puissance et de température à fournir aux réseaux de distributions d'ECS et de chauffage (compilées par la gestion-régulation de la génération), le jeu de données d'entrées nécessaire au modèle du système solaire combiné à appoint intégré. L'ordre des calculs est présenté ci-dessous.

Les données d'entrée sont :

1. Les informations issues de la gestion-régulation de la génération
2. Les aspects d'irradiance de la boucle solaire décrit par I_{sr}^* et K_{θ} .
3. Des conditions extérieures à l'assemblage qui influent sur le ballon.

Au début du pas de temps, le champ de températures du ballon à la fin du pas de temps précédent est connu. L'ECS est prioritaire sur le chauffage.

9.20.3.1 *Prétraitement des données d'entrée*

Ce paragraphe consiste à évaluer des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et à calculer des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

9.20.3.1.1 Type de production

Dans cet assemblage, l'appoint, chauffant les zones supérieures du ballon, est utilisé en aval de ce dernier pour compléter l'énergie de chauffage puisée dans le ballon.

$$Type_{prod\_stockage}=5 \quad (2140)$$

9.20.3.1.2 Fonction de l'assemblage

L'assemblage ne fonctionne par définition qu'en mode mixte

$$Id_{fousto} = Id_{fougen} = 4 \quad (2141)$$

9.20.3.1.3 Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

9.20.3.1.4 Position de la boucle solaire

Par hypothèse, l'échangeur de la boucle solaire se situe dans la zone inférieure du ballon :

$$Z_{base}=1 \quad (2142)$$

9.20.3.1.5 Position de la boucle de chauffage

Par hypothèse, l'échangeur de la boucle de chauffage se situe dans la zone n°2 du ballon :

$Z_{ech\_ch}=2$

(2143)

9.20.3.1.6 Position du générateur d'appoint dans le ballon

Par hypothèse, l'échangeur du générateur d'appoint (et sa sonde de température) se situe dans la zone n°3 du ballon :

$$Z_{ap} = Z_{reg\_ap} = 3 \quad (2144)$$

9.20.3.1.7 Température de consigne du ballon

Par convention, la température de consigne du ballon est de 55°C.

$$\theta_{c\_ap} = 55 \text{ °C} \quad (2145)$$

Si le ballon n'atteint pas, au moins une fois sur 168h, sa température de consigne (θ_{c_ap}), le moteur lance l'alerte suivante : « Sur les 168 dernières heures, le ballon n'a jamais atteint sa température de consigne ».

Initialisation : $nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = 0$

Si $\theta_{b4}(h) < \theta_{c\_ap}(h)$

$$nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h - 1) + 1 \quad (2146)$$

Sinon

$$nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) = 0$$

Si $nbh_{temp\_sto\_insuff}^{ap}(h) > 168$, le moteur lance l'alerte.

9.20.3.1.8 Demande d'énergie

Par hypothèse, il n'est possible d'associer à un objet « SSC avec appoint chauffage raccordé » qu'un seul assemblage ($nb_{assembl} = 1$). Pour le chauffage et pour l'ECS, on pose :

$$Q_{w\_sto\_unit}(h) = Q_{req}(h) \quad (2147)$$

9.20.3.1.9 Température d'eau entrant dans le ballon

Par ailleurs, l'eau entrant dans le ballon est de l'eau froide :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (2148)$$

9.20.3.2 Ordre des calculs

1. La première étape : volume puisé d'ECS

La première étape débute par un calcul itératif entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage » pour le calcul du volume puisé.

A chaque itération, le volume puisé calculé (à partir de la température de la zone supérieure du

ballon de l'itération précédente) est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Ces derniers déterminent les températures du ballon après un éventuel mélange, mais sans tenir compte des apports de puissance et des pertes du ballon.

A la fin de la boucle itérative, on connaît le champ de température du ballon après le puisage d'ECS.

2. Deuxième étape : gestion-régulation de la boucle de chauffage

L'énergie nécessaire pour assurer tout ou partie de la demande d'énergie de chauffage est alors puisée dans le ballon.

Les algorithmes déterminent, selon les conditions de gestion-régulation, l'énergie fournie du ballon à la boucle de chauffage et l'énergie restante à fournir par l'appoint.

3. Troisième étape : l'élément de stockage

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit (au cours de cette itération, les pertes ne sont pas comptées) :

1. La zone $z = 1$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,1} = 0$.
2. La zone $z = 2$ du ballon perd la chaleur spécifique au chauffage : $Q_{i,2} = -Q_{\text{puisé\_SSC\_ch}}(h)$
 $Q_{i,2} = -Q_{\text{puisé\_SSC\_ch}}(h)$. Les pertes sont nulles.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,3} = 0$.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$.

Une fois l'énergie reçue et/ou perdue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

Note : dans cet assemblage, la température moyenne vue par l'échangeur est la demi-somme de la température du pas de temps précédent et de la température après puisage du volume d'ECS et après extraction de l'énergie de chauffage.

4. Quatrième étape : calculs de la boucle solaire

A partir du rayonnement solaire, on calcule l'énergie solaire qui va être injectée dans le ballon (zone Z_{base}).

5. Cinquième étape : l'élément de stockage

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La zone $z = 1$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,1} = Q_{\text{fou\_sto\_base}}(h) = Q_{\text{sol}}(h)$. Mais les pertes sont comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique: $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Une fois l'énergie reçue et/ou perdue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

6. Sixième étape : gestion-régulation de l'appoint du ballon

L'échangeur de l'appoint dans le ballon est placé, pour cet assemblage, dans la zone n°3 du ballon.

Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

7. Septième étape : assemblage générateur pour stockage (appoint)

L'assemblage générateur est appelé une première fois pour déterminer, à partir de l'énergie requise $Q_{req\_sto\_ap}(h)$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier, l'énergie réellement fournie au ballon $Q_{fou\_sto\_ap}(h)$.

Pour le poste ECS, les reports sont gérés par le ballon (cf. Q_{w_report}) :

$$Q_{rest\_ecs}(h) = 0 \quad (2149)$$

8. Huitième étape : l'élément de stockage

A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone z_{ap} sera intégrée au calcul des températures du ballon.

9. Neuvième étape : générateur pour stockage (appoint)

S'il reste une énergie à fournir pour le chauffage (calculée lors de la deuxième étape), le générateur d'appoint est appelé une seconde fois, en posant

$$Q_{req}(h) = Q_{rest\_ch}(h) \quad (2150)$$

Lors de cet appel, la température aval considérée est la température de fonctionnement des générateurs instantanés de chauffage calculée au niveau de la génération $\theta_{wm\_ch}^{gen}$. Les consommations calculées seront attribuées au chauffage.

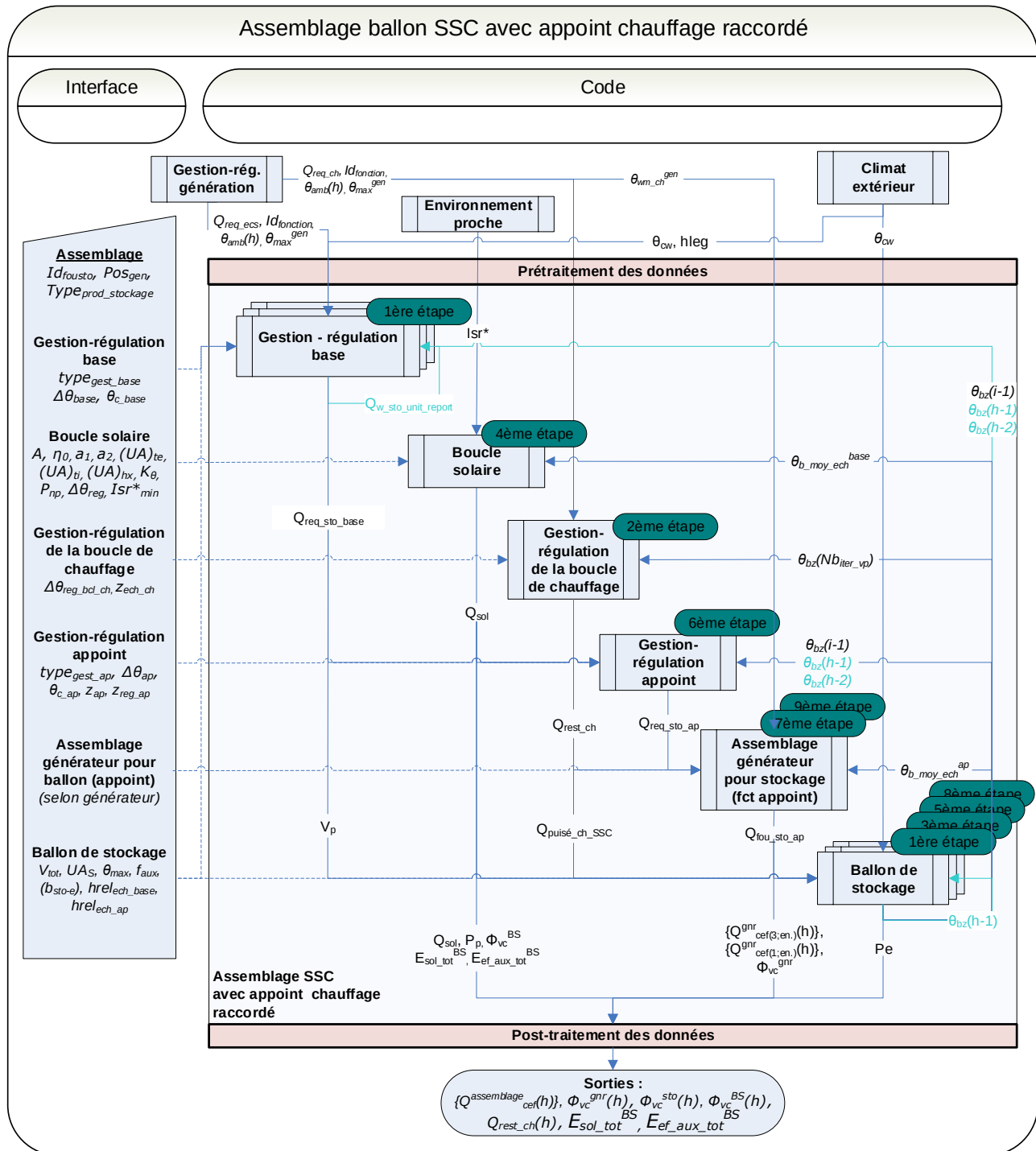


Figure 204 : schéma d'assemblage du modèle de système solaire combiné avec appoint pour le chauffage raccordé à l'assemblage

9.20.3.4 **Traitement des données de sortie**

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage. Cette énergie vient du système d'appoint et de la pompe de la boucle solaire.

9.20.3.4.1 **Calcul des consommations d'ECS**

Dans le cas du SSC avec appoint pour le chauffage raccordé à l'assemblage, la consommation en énergie finale s'exprime, sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(poste;Idengen)}^{assemblage}(h)\} = nb_{assembl} * \left(\begin{array}{l} \{Q_{cef(po;Idengen)}^{gnr\_ap}(h)\} \\ + P_p(h) * \frac{Q_{req\_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req\_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req\_ch}(h) + Q_{req\_ecs}(h)} \end{array} \right) \quad (2151)$$

Note : l'équation ci-dessus intègre et remplace la matrice de sortie de la boucle solaire.

Note 2 : Par hypothèse, si les deux $Q_{req}(h)$ sont nuls, les consommations de pompe solaire sont reportées sur l'ECS.

9.20.3.4.2 **Energie restante à fournir par le générateur d'appoint**

Dans le cas du SSC à appoint pour le chauffage raccordé à l'assemblage, le report d'énergie pour l'ECS est géré au niveau du puisage dans le ballon et non au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon.

$$Q_{rest\_ecs}^{gnr\_ap}(h) = 0 \quad (2152)$$

Pour le chauffage, il est possible d'avoir plusieurs générateurs en cascade.

9.20.3.4.3 **Calcul des pertes thermiques récupérables**

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé, s'écrivent (avec $nb_{assembl}=1$):

$$\Phi_{vc}^{sto}(h) = (nb_{assembl} * Pe(h)) * Id_{pos\_gen} \quad (2153)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur d'appoint $\Phi_{vc}^{gnr}(h)$ issues de la fiche algorithme « Assemblage générateur pour ballon»,

$$\Phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2154)$$

ainsi que les pertes de la boucle solaire en volume chauffé,

$$\Phi_{vc}^{BS}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{BS}(h)) \quad (2155)$$

9.21 C_BAT_Récupérateur de chaleur sur les eaux grises

9.21.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme décrit la modélisation de récupérateurs de chaleur sur les eaux grises. Un récupérateur de chaleur est un échangeur thermique direct qui permet de récupérer une partie de l'énergie thermique des eaux chaudes sanitaires évacuées, appelées « eaux grises », afin de préchauffer l'eau froide arrivant de l'extérieur et ainsi réduire les besoins et consommations d'eau chaude sanitaire (ECS).

Les récupérateurs de chaleur sur les eaux grises peuvent se situer à différents endroits du circuit d'eau froide. Ces configurations sont décrites dans le chapitre Émetteur Équivalent.

Pour être pris en compte, un récupérateur de chaleur doit être conçu de manière à ne pas nécessiter de nettoyage, ou à permettre un nettoyage manuel ou automatique aisé de l'échangeur, afin de ne pas dégrader significativement son rendement.

La Figure 205 résume la modélisation informatique des récupérateurs de chaleur sur les eaux grises selon les différentes configurations possibles. Cette description est détaillée au sein des différents modèles présentés par la suite.

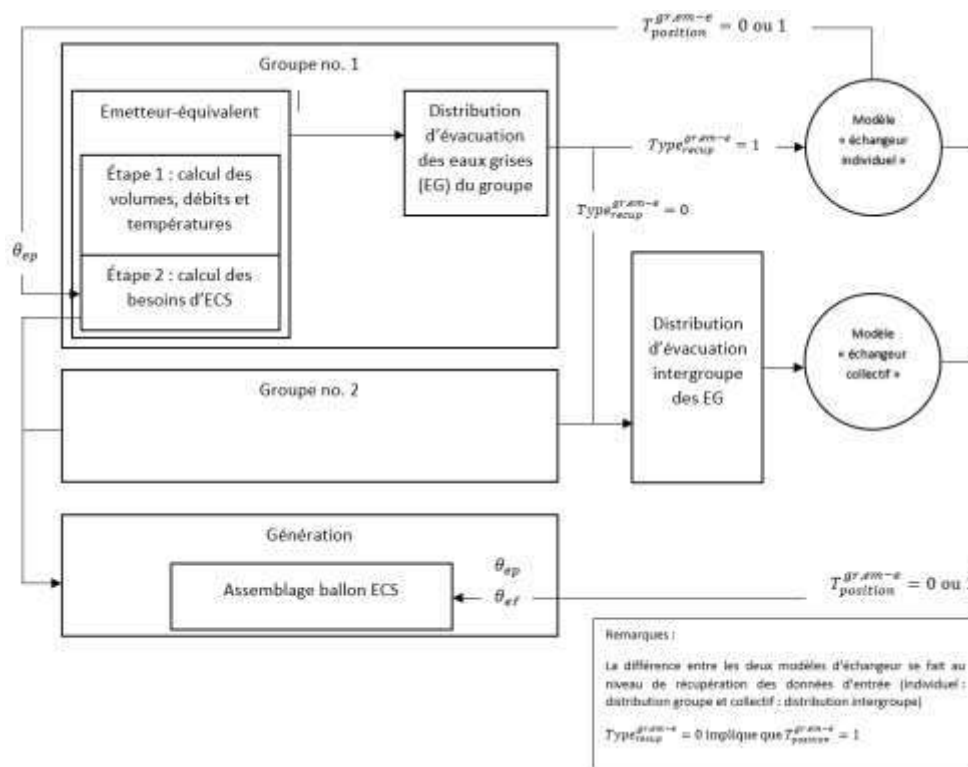


Figure 205: Structure informatique du modèle de récupérateur de chaleur sur les eaux grises

9.21.2 ÉMETTEUR ÉQUIVALENT

9.21.2.1 Introduction

Le modèle émetteur-équivalent décrit les équipements et l'installation éventuelle d'un ou plusieurs récupérateurs de chaleurs sur les eaux grises. Lors de la création d'un émetteur équivalent (au niveau du groupe), l'utilisateur doit confirmer si l'émetteur équivalent contient un système de récupération de chaleur sur les eaux grises :

- $I_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (pas de système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent) ;
- $I_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (présence d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises).

Dans le cas où $I_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (présence d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises), la configuration du système de récupération de chaleur doit être renseignée (au niveau du projet pour la récupération collective). Deux configurations sont possibles :

- $Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (récupération de chaleur « collective – intergroupe ») ;
- $Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (récupération de chaleur « individuelle - groupe »).

La récupération de chaleur « collective - intergroupe » ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$) signifie que les eaux grises récupérables issues des différents émetteurs équivalents de groupes distincts sont redirigées vers un même récupérateur de chaleur (récupérateur central). Les eaux grises sont donc préalablement mélangées (au niveau de la distribution intergroupe définie au niveau du projet) avant leur passage dans l'échangeur de chaleur central.

La récupération de chaleur « individuelle - groupe » ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$) signifie que chaque émetteur équivalent est relié à un échangeur de chaleur situé soit au niveau de l'évacuation (par exemple, un récupérateur de chaleur sous le bac à douche) soit à proximité dans le cas de récupérateurs de chaleur partagés entre appareils sanitaires proches. Dans cette configuration, tout se déroule au sein du groupe (dans l'émetteur équivalent).

Ces deux configurations peuvent prendre différentes formes en fonction de la position du récupérateur de chaleur unitaire (définie au niveau de l'émetteur équivalent). La position du récupérateur de chaleur unitaire vis-à-vis du circuit d'eau froide doit donc également être renseignée par l'utilisateur. Trois installations sont possibles :

- $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et du ballon d'ECS) ;
- $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement au niveau de l'alimentation en eau froide du ballon d'ECS) ;
- $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs).

Si le récupérateur de chaleur est situé en amont des mitigeurs et du ballon d'ECS ($T_{position}^{gr,em-e} = 0$), la totalité de l'eau froide appelée par ces derniers circule à travers le récupérateur de chaleur. L'eau froide préchauffée utilisée au niveau des mitigeurs permet ainsi de réduire les besoins d'ECS pour atteindre la température de consigne de 40°C (eau mitigée). Le reste de l'eau froide préchauffée est utilisée pour remplacer le volume d'eau extrait au niveau du ballon d'ECS.

Si le récupérateur de chaleur est situé uniquement au niveau de l'alimentation en eau froide du ballon d'ECS ($T_{position}^{gr,em-e} = 1$), l'eau froide préchauffée est alors entièrement utilisée comme source d'eau froide du ballon d'ECS. Les mitigeurs n'ont alors pas accès à l'eau froide préchauffée.

Si le récupérateur de chaleur est situé uniquement en amont des mitigeurs, l'eau froide préchauffée est utilisée seulement par les mitigeurs ($T_{position}^{gr,em-e} = 2$). L'eau froide du ballon d'ECS n'est alors pas préchauffée.

Une configuration dépend aussi du nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires) reliés à un même récupérateur de chaleur unitaire (échangeur de chaleur) et du nombre total de d'échangeurs de chaleur (ou configurations unitaires identiques) contenus dans l'émetteur équivalent (tout est défini au niveau du récupérateur de chaleur unitaire). Une configuration (au niveau de l'émetteur équivalent) peut donc s'écrire sous la forme vectorielle suivante : $(Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} ; Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u})$.

Remarque : Un récupérateur de chaleur unitaire (l'indice u sert à spécifier que les appareils sanitaires reliés forment une configuration unitaire) doit être créé pour chaque type de configuration. En d'autres termes, un même récupérateur de chaleur ne peut être associé qu'à une et une seule configuration.

Dans le cas où $I_{recup}^{gr,em-e} = 1$ (présence d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises), les paramètres d'intégration suivants sont demandés :

- $Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u}$, le nombre d'échangeurs de chaleur commun (à savoir le nombre de fois où la configuration unitaire est répétée) pour le même émetteur équivalent ;
- $Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}$, le nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou bains) reliés à un même récupérateur de chaleur ;
- $Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}$, le nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou bains) dans l'émetteur équivalent commun qui ne sont pas reliés à un récupérateur de chaleur sur les eaux grises ce paramètre est défini au sein du récupérateur de chaleur et concerne les appareils sanitaires à proximité.

9.21.2.3 Nomenclature

Le Tableau 299 présente la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul pour « Émetteur équivalent avec possibilité de récupération de chaleur sur eaux grises ».

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
$\theta_{ep}(h)$	Température de l'eau froide préchauffée en sortie d'échangeur de chaleur (récupérée au niveau de l'émetteur équivalent dans le cas de $Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$)	°C				
$\theta_{ec}(h - 1)$	Température de l'eau chaude prélevée au ballon d'ECS au pas de temps précédent (fixée à 55°C par défaut)	°C				
θ_{cw}	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C				
$V_{uw}^{gr}(h)$	Volume d'eau puisée à la température de l'eau mitigée θ_{uw}	L				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	De f	
$Rat_{douches-bains}$	Pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains	-	0	100		
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	De f	
$I_{recup}^{gr,em-e}$	Présence ou absence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent : 0. Pas de récupérateur de chaleur 1. Présence d'un récupérateur de chaleur	-	0	1		
$Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u}$	Nombre d'échangeurs de chaleur auxquels sont reliés les appareils sanitaires de l'émetteur équivalent (nombre de configurations unitaires identiques au sein du même émetteur).	-	0	$+\infty$		
$Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}$	Nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires uniquement) reliés à un récupérateur de chaleur commun (configuration unitaire).	-	0	$+\infty$		

$Nb_{non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}$	Nombre d'appareils sanitaires (douches et/ou baignoires uniquement) non reliés à un récupérateur de chaleur commun (configuration unitaire).	-	0	$+\infty$
$Type_{recup}^{gr,em-e}$	Type de configuration pour le récupérateur de chaleur : 0. Collective – intergroupe 1. Individuelle – groupe	-	0	2
$T_{position}^{gr,em-e}$	Position du récupérateur de chaleur dans le circuit d'arrivée d'eau froide : 0. En amont du ballon d'ECS et des mitigeurs 1. En amont du ballon d'ECS uniquement 2. En amont des mitigeurs uniquement	-	0	2
$P_{relevage,nominal}^{gr,em-e-u}$	Puissance nominale de la pompe de relevage	W		

Sorties

Nom	Description	Unité
$\theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h)$	Température des eaux grises récupérables	°C
$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur unitaire	L/h
$Q_w^{gr,em-e}(h)$	Besoins d'ECS de l'émetteur équivalent	Wh
$Q_w^{gr}(h)$	Besoins d'ECS du groupe	Wh
$Q_{relevage,douches-bains}^{gr,em-e}$	Consommation en énergie primaire de la pompe de relevage au niveau de l'émetteur équivalent	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
$V_{uw,rat-relie,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)$	Volume d'eau mitigée puisée par les douches et/ou baignoires reliées à l'échangeur de chaleur de la configuration unitaire	L
$V_{uw,rat-non-relie,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)$	Volume d'eau mitigée puisée par les douches et/ou baignoires non reliées à l'échangeur de chaleur de la configuration unitaire	L

Rat	Pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou baignoires	-	0	1
$Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}$	Nombre de douches et/ou baignoires à l'échelle d'une configuration unitaire	-		
$V_{eg}^{gr,em-e-u}(h)$	Volume d'eaux grises évacué à l'échelle d'une configuration unitaire	L		
$V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h)$	Volume d'eaux grises évacué « récupérable » (passant par un échangeur de chaleur) à l'échelle d'une configuration unitaire	L		
$N_{puisage-equiv,relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	Nombre de puisages équivalents par type d'appareil sanitaire relié à l'échelle d'une configuration unitaire	-		
$N_{puisage-equiv,non-relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	Nombre de puisages équivalents par type d'appareil sanitaire non relié à l'échelle d'une configuration unitaire	-		
$V_{uw-equiv,i}^{gr,em-e}$	Volume équivalent à 40°C puisé par type d'appareil sanitaire	L		
$debit_{nominal-moyen-relies}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit volumique nominal moyen de fonctionnement des différents types appareil sanitaire reliés à l'échelle d'une configuration unitaire	L/h		
$debit_{nominal-moyen-non-relies}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit volumique nominal moyen de fonctionnement des différents types d'appareil sanitaire non reliés à l'échelle d'une configuration unitaire	L/h		
$\Delta t_{nominal-moyen-relies}^{gr,em-e}(h)$	Durée nominale moyenne de fonctionnement des différents types d'appareil sanitaire reliés à l'échelle d'une configuration unitaire	h		
$\Delta t_{nominal-moyen-non-relies}^{gr,em-e}(h)$	Durée nominale moyenne de fonctionnement des différents types d'appareil sanitaire non reliés à l'échelle d'une configuration unitaire	h		
$N_{puisage-moyen-equiv,relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	Nombre moyen de puisages équivalents pour les différents types d'appareil sanitaire à l'échelle d'une configuration unitaire	-		
$N_{puisage-moyen-equiv,non-relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	Nombre moyen de puisages équivalents pour les différents types d'appareil sanitaire à l'échelle d'une configuration unitaire	-		
$debit_{effectif-moyen-relies}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit volumique effectif moyen des appareils sanitaires reliés à l'échelle d'une configuration unitaire	L/h		
$debit_{effectif-moyen-non-relies}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit volumique effectif moyen des appareils sanitaires non reliés à l'échelle d'une configuration unitaire	L/h		
$Y_{relies}(h)$	Coefficient de probabilité de simultanéité des puisages associé aux appareils sanitaires reliés	-	0	1

$Y_{non-relies}(h)$	Coefficient de probabilité de simultanéité des puisages associé aux appareils sanitaires non reliés	-	0	1
$debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit volumique des eaux grises « récupérables » associé aux appareils sanitaires reliés	L/h		
$debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit volumique des eaux grises « non récupérables » associé aux appareils sanitaires non reliés	L/h		
$\Delta t_{effectif-relies,douches-bains}^{gr,em-e-u}(h)$	temps effectif de fonctionnement de la pompe de relevage au pas de temps	h		
$debit_{nominal,relevage}^{gr,em-e-u}$	Débit nominal de la pompe de relevage	L/h		
$C_{simultaneite}$	Coefficient de simultanéité de fonctionnement des appareils sanitaires	-	0	1

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$debit_{nominal,douches-bains}^{gr,em-e}$	Débit volumique nominal de fonctionnement des douches pour l'émetteur équivalent (8 L/min = 480 L/h)	L/h	480
$\Delta t_{nominal,douches-bains}^{gr,em-e}$	Durée nominale de fonctionnement des douches pour l'émetteur équivalent (5 min = 0,083 h)	h	0,083
$\Delta \theta_{douches-bains}^{util}$	Déperdition de température (perte thermique) entre l'émission et l'évacuation de l'eau mitigée pour les douches.	°C	3
$C_{p,eau}$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg·K)	1,163
ρ_{eau}	Masse volumique des eaux grises	kg/L	1

Tableau 299 : Nomenclature des différentes variables du modèle « émetteur équivalent avec récupérateur de chaleur sur les eaux grises »

9.21.2.4 Description mathématique

L'algorithme mathématique est décomposé en deux étapes : (i) le calcul des volumes, débits et températures nécessaires au modèle de récupération sur les eaux grises, puis (ii) le calcul des besoins d'ECS, notés $Q_w(h)$, à destination de la génération d'ECS. Dans toute la suite du document, le pas de temps horaire de simulation est noté h .

Ces deux étapes sont successives dans le cas de $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupération de chaleur situé uniquement au niveau de l'alimentation en eau froide), mais espacées dans le cas $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupération de chaleur situé en amont des mitigeurs et du ballon d'ECS) ou $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupération de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs) où un passage dans le modèle d'échangeur de chaleur individuel (défini au niveau du récupérateur de chaleur unitaire) est nécessaire avant de pouvoir calculer les besoins d'ECS.

9.21.2.4.1 Étape 1 : calcul des volumes, débits et températures du système d'ECS

Les calculs s'effectuent à l'échelle de la configuration unitaire ($gr, em - e, u$), à savoir à l'échelle d'un échangeur de chaleur. Les résultats obtenus sont ensuite multipliés par le nombre de configurations unitaires identiques (nombre d'échangeurs de chaleur). Des constantes conventionnelles sont définies afin de faire les calculs :

- $debit_{nominal, douches-bains}^{gr, em-e}$, le débit volumique nominal de fonctionnement d'une douche ou d'une baignoire pour l'émetteur équivalent ;
- $\Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr, em-e}$, la durée nominale de fonctionnement d'une douche ou d'une baignoire pour l'émetteur équivalent.

Les bains sont considérés comme des événements ponctuels qui peuvent être considérés comme négligeables au niveau réglementaire – car non représentatifs. Par conséquent, les baignoires sont traitées comme des douches.

Volumes

Le nombre de litres d'eau mitigée (eau à 40°C) hebdomadaires nécessaires par émetteur d'ECS équivalent (prenant en compte l'effet des appareils économes), noté $V_{uw\_heβδο\_corr}^{gr, em-e}$, est défini dans la partie 9.5.3.2 de la méthode TH-BCE. Ce volume est rapporté au pas de temps horaire, $V_{uw}^{gr, em-e}(h)$, grâce à une clé de répartition horaire propre à chaque usage, laquelle est notée ah , telle que $V_{uw}^{gr, em-e}(h) = V_{uw\_heβδο\_corr}^{gr, em-e} \times ah$.

Le volume d'eau mitigé puisée par heure au niveau du groupe est donc égale à la somme des volumes d'eau mitigée puisée à l'échelle de l'émetteur équivalent :

$$V_{uw}^{gr}(h) = \sum_{em-e \in gr} V_{uw}^{gr, em-e}(h) \quad (2156)$$

Le volume d'eau mitigé puisée par émetteur équivalent correspond quant à lui à la somme des volumes d'eau mitigée puisée à l'échelle de la configuration unitaire (contenu dans un émetteur équivalent) :

$$V_{uw}^{gr, em-e}(h) = \sum_{u \in em-e} Nb_{echangeurs}^{gr, em-e, u} \times V_{uw}^{gr, em-e, u}(h) \quad (2157)$$

Le volume d'eau mitigé puisée à l'échelle de la configuration unitaire dépend du nombre d'appareils sanitaires liés à la configuration unitaire et du nombre de configurations unitaires identiques tel que :

$$V_{uw}^{gr, em-e, u}(h) = V_{uw, rat-relie, douches-bains}^{gr, em-e, u}(h) + V_{uw, rat-non-relie, douches-bains}^{gr, em-e, u}(h) \quad (2158)$$

avec :

$$\begin{aligned} & V_{uw, rat-relie, douches-bains}^{gr, em-e, u}(h) \\ &= Rat \times \frac{Nb_{relies, douches-bains}^{gr, em-e, u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr, em-e, u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \end{aligned} \quad (2159)$$

$$\begin{aligned} & V_{uw, rat-non-relie, douches-bains}^{gr, em-e, u}(h) \\ &= Rat \times \frac{Nb_{non-relies, douches-bains}^{gr, em-e, u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr, em-e, u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \end{aligned} \quad (2160)$$

où Rat et $Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}$ sont la proportion des besoins dédiés aux douches et/ou aux bains et le nombre d'appareils associés à Rat pour une configuration unitaire, respectivement, avec :

$$Rat = \frac{100 - Rat_{douches-bains}}{100} \quad (2161)$$

où $Rat_{douches-bains}$ est le pourcentage de besoins dédiés aux douches et/ou aux bains, lequel est défini conventionnellement dans la partie 9.5.3.4.2 de la méthode Th-BCE, et $Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}$ le nombre total de douches et/ou baignoires défini comme suit :

$$Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u} = Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} + Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} \quad (2162)$$

Le volume des eaux grises évacuées est le même que le volume d'eau mitigée puisée par heure, à l'échelle de la configuration unitaire, à savoir :

$$V_{eg}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2163)$$

L'équation (2163) est basée sur l'hypothèse que l'évacuation des baignoires se déroule au même pas de temps que les autres appareils sanitaires. Qui plus est, les bains sont considérés comme des événements ponctuels qui peuvent être considérés comme négligeables au niveau réglementaire – car non représentatifs.

Le volume des eaux grises « récupérables » (à savoir la partie des eaux grises qui passe au travers du récupérateur de chaleur) à l'échelle de la configuration unitaire est quant à lui le suivant :

$$V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h) = V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2164)$$

Températures vers distribution

Les constantes suivantes (définies conventionnellement) sont utilisées afin de déterminer le jeu de températures nécessaire en entrée du module « récupérateur instantané de chaleur » :

- θ_{uw} , température de l'eau mitigée utilisée au puisage (égale à 40°C) ;
- $\Delta\theta_{douches-bains}^{util}$, déperditions de température entre l'émission et l'évacuation de l'eau mitigée dans le circuit de distribution.

La température de l'eau mitigée utilisée au puisage est égale à 40°C. Les déperditions de température entre l'émission et l'évacuation de l'eau mitigée dans le circuit de distribution sont définies comme suit :

$$\Delta\theta_{douches-bains}^{util} = 3^{\circ}C \quad (2165)$$

La température des eaux grises récupérables est le résultat du mélange des volumes évacués de chaque appareil sanitaire de la configuration unitaire relié à l'échangeur de chaleur commun :

$$\begin{aligned} \theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h) &= \frac{V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times (\theta_{uw} - \Delta\theta_{type,douches-bains}^{util})}{V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h)} \\ &= \theta_{uw} - \Delta\theta_{type,douches-bains}^{util} \end{aligned} \quad (2166)$$

Débits d'eaux grises circulant dans le récupérateur de chaleur

Les débits réels des eaux grises et de l'eau froide circulant dans un échangeur de chaleur sont nécessaires pour le calcul de son efficacité. Le débit horaire ne permet pas de représenter fidèlement les débits d'évacuation (et donc l'efficacité de l'échangeur de chaleur sur les eaux grises). L'utilisation des débits horaires supposeraient une évacuation de l'eau en continu sur une heure

(durée du pas de temps de simulation) alors que l'utilisation effective des appareils sanitaires est souvent inférieure à cette durée.

Pour chaque échangeur de chaleur, un débit moyen probable lors des périodes de fonctionnement est calculé grâce à une méthode reposant sur des hypothèses conventionnelles quant à la nature des puisages pour les douches et/ou baignoires. Le volume des eaux grises « récupérables » est alors décomposé en un nombre de puisages significatifs/équivalents.

Un nombre de puisages équivalents pour les douches et baignoires reliées est calculé de la façon suivante :

$$N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) = \left[\frac{V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e}} \right] \quad (2167)$$

où $V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e}$ est le volume équivalent à 40°C par type [m³] (lequel dépend du débit nominal $debit_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}$ [m³/s] et de la durée nominale $\Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}$ [s] définis conventionnellement) calculé comme suit :

$$V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e} = debit_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e} \times \Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e} \quad (2168)$$

Un nombre de puisages équivalents pour les douches et baignoires non reliées est calculé comme suit :

$$N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) = \left[\frac{V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{V_{uw-equiv, douches-bains}^{gr,em-e}} \right] \quad (2169)$$

Le nombre de puisages équivalents permet de calculer un débit effectif en conservant comme référence la durée nominale (définie conventionnellement) :

$$debit_{effectif-relies}^{gr,em-e,u}(h) = \frac{V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}} \quad (2170)$$

$$debit_{effectif-non-relies}^{gr,em-e,u}(h) = \frac{V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times \Delta t_{nominal, douches-bains}^{gr,em-e}} \quad (2171)$$

D'après les hypothèses précédentes, si tous les puisages avaient lieu simultanément au pas de temps h , le débit d'ECS maximal (pour les appareils sanitaires reliés) serait donc $N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bain}}^{gr,em-e,u}(h) \times debit_{effectif-relies}^{gr,em-e,u}(h)$. Comme tous les puisages n'ont pas forcément lieu en même temps, le débit des eaux grises est donc calculé à partir du débit d'ECS effectif, en intégrant un facteur de concomitance :

Si $N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) = 1$:

$$debit_{eg, recup}^{gr,em-e,u}(h) = N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \times debit_{effectif-relies}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2172)$$

sinon :

$$\begin{aligned} debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) &= N_{puisage-equiv,relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times debit_{effectif-relies}^{gr,em-e,u}(h) \\ &\times Y_{relies}(h) \end{aligned} \quad (2173)$$

où $Y_{relies}(h)$ est le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages (facteur de concomitance), pour les appareils sanitaires reliés, calculé comme suit :

$$Y_{relies}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{puisage-equiv,relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (2174)$$

Si $N_{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = 1$:

$$\begin{aligned} debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) &= N_{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \\ &\times debit_{effectif-non-relies}^{gr,em-e,u}(h) \end{aligned} \quad (2175)$$

sinon :

$$\begin{aligned} debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) &= N_{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \\ &\times debit_{effectif-non-relies}^{gr,em-e,u}(h) \times Y_{non-relies}(h) \end{aligned} \quad (2176)$$

où $Y_{non-relies}(h)$ est le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages (facteur de concomitance), pour les appareils sanitaires reliés, calculé comme suit :

$$Y_{non-relies}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (2177)$$

Débits d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur

Le débit d'arrivée d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur dépend de la position du récupérateur de chaleur.

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et de l'alimentation d'eau froide)

Toute l'eau froide entrante afin de remplacer le volume d'eau rejeté circule dans l'échangeur de chaleur. Le débit d'eau froide est donc égal à tout instant au débit d'eau rejeté :

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2178)$$

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont de l'alimentation d'eau froid)

Seul le volume d'eau froide à destination du ballon d'eau chaude circule dans l'échangeur de chaleur. Le débit d'eau froide correspondant est égal au débit d'eau chaude fourni par le ballon à l'ensemble des mitigeurs (reliés ou non). À tout instant, le volume d'eau chaude appelé est le suivant :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h - 1) - \theta_{cw}} \quad (2179)$$

Le débit d'eau froide circulant dans le récupérateur de chaleur unitaire est donc calculé comme suit :

$$\begin{aligned} debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) \\ = [debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h)] \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{cw}(h-1) - \theta_{cw}} \end{aligned} \quad (2180)$$

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs)

Seul le volume d'eau froide à destination des mitigeurs reliés circule dans l'échangeur de chaleur. Ce volume est difficile à évaluer puisqu'il dépend de la température de l'eau préchauffée et que cette dernière dépend du débit d'eau froide circulant dans l'échangeur de chaleur. Le pas de temps horaire est trop grand pour utiliser la température au pas de temps précédent comme référence.

Un calcul itératif au sein du même pas de temps horaire h dans le bloc « récupérateur instantané de chaleur sur les eaux grises » est utilisé afin de calculer la température de l'eau préchauffée

Initialisation

$$n = 0$$

$$n_{max} = 1000$$

$$\theta_{ep}^{gr,em-e,u}(n=0) = \frac{\theta_{eg} + \theta_{cw}}{2} \text{ (Correspond à un rendement initial de l'échangeur de chaleur de 50\%)}$$

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n=0) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}}$$

Boucle

Tant que $n \leq n_{max}$ ou que $\frac{|debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n) - debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n-1)|}{debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n)} > 5\%$ (passage dans le récupérateur, h est fixe) :

$$\theta_{ep}(n+1) \leftarrow \text{Modèle échangeur instantané de chaleur } (debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n))$$

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n+1) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(n+1)}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}(n+1)}$$

$$n = n + 1$$

Fin

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n)$$

Le débit obtenu avec une marge d'erreur inférieure à 5% est alors utilisé comme donnée d'entrée du module échangeur du processus de calcul normal. Il « repasse » donc une fois de plus dans le module échangeur (entraînant un gain en précision sur les données de sorties).

9.21.2.4.2 Étape 2 : calcul des besoins d'ECS

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont de l'alimentation d'eau froide) ou $I_{recup}^{gr,em-e} = 0$ (pas de système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent)

Le volume d'eau chaude appelée au niveau de la configuration unitaire est identique à celui en l'absence de récupérateur de chaleur sur les eaux grises.

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (2181)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (2182)$$

Les besoins d'ECS ne sont pas modifiés par la présence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises. La configuration ($T_{position}^{gr,em-e} = 1$) est la seule configuration pour laquelle il n'est pas nécessaire de revenir calculer les besoins au niveau de l'émetteur équivalent après passage dans le module d'échangeur de chaleur. Les besoins ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (2183)$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe :

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

Les effets de la présence d'un récupérateur de chaleur sur eaux grises pour $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ s'observent au niveau du ballon d'ECS (voir Assemblage ballon ECS en partie 9.21.3).

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et de l'alimentation d'eau froid)

L'utilisation d'une eau préchauffée au niveau du ou des mitigeurs revient à diminuer les besoins horaires d'eau chaude par rapport à une installation sans récupérateur de chaleur.

Cet effet se traduit donc par une diminution des besoins d'eau chaude. Il est alors nécessaire de calculer le nouveau volume d'eau chaude appelée :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (2184)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (2185)$$

Les besoins d'ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (2186)$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe :

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

Le reste de l'eau froide préchauffée vient remplacer dans des proportions exactes le volume d'eau

chaude puisée dans le ballon d'ECS, diminuant ainsi les consommations d'énergie (voir Assemblage ballon ECS en partie 9.21.3).

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs)

Comme pour $T_{position}^{gr,em-e} = 0$, l'utilisation d'une eau préchauffée au niveau du ou des mitigeurs revient à diminuer les besoins d'ECS par rapport à une installation sans récupérateur de chaleur mais cette fois uniquement pour les émetteurs reliés au récupérateur de chaleur. À l'échelle de la configuration unitaire, cela se traduit par :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} + V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}(h)} \quad (2187)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2188)$$

Les besoins d'ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe : (2189)

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

À l'inverse de $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ et $T_{position}^{gr,em-e} = 1$, l'eau froide en entrée du ballon ECS n'est pas préchauffée. La présence d'un récupérateur de chaleur n'a donc pas d'effet sur la génération.

9.21.3 ASSEMBLAGE BALLON ECS

9.21.3.1 Introduction

La présence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises peut, selon sa position, modifier la température entrante de l'eau dans le ballon d'eau chaude sanitaire. Il convient alors de modifier la variable $\theta_{entrant}(h)$ quel que soit le type d'assemblage ballon (voir fiche S2_ GEN_ Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballon et d'un ou plusieurs générateurs) relié à l'émetteur équivalent.

9.21.3.2 Nomenclature

Le Tableau 300 présente la nomenclature des ajouts nécessaires aux nomenclatures des fiches « assemblage ballon stockage ECS ».

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
θ_{ef}	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C			
$\theta_{ep}(h)$	Température de l'eau froide préchauffée récupérée au niveau du module échangeur de chaleur relié à l'émetteur d'ECS équivalent	°C			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def
$I_{recup}^{gr,em-e}$	Présence ou absence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent : 0. Pas de récupérateur de chaleur 1. Présence d'un récupérateur de chaleur	-	0	1	
$T_{position}^{gr,em-e}$	Position du récupérateur de chaleur dans le circuit d'arrivée d'eau froide : 0. En amont du ballon d'ECS et des mitigeurs 1. En amont du ballon d'ECS uniquement 2. En amont des mitigeurs uniquement	-	0	2	
Sorties					
Nom	Description	Unité			

Variables internes			
Nom	Description	Unité	
$\theta_{entrant}(h)$	Température d'entrée de l'eau froide dans le ballon de stockage d'ECS	°C	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 300 : Nomenclature des différentes variables utilisées dans les ajouts à « assemblage ballon stockage ECS »

9.21.3.3 *Description mathématique*

9.21.3.3.1 Si $I_{recup}^{gr,em\ e} = 0$ (pas de système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent)

Dans ce cas, la température entrante ne change pas :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{entrant} = \theta_{ef} \quad (2190)$$

9.21.3.3.2 Si $I_{recup}^{gr,em\ e} = 1$ (système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent)

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 0$ (récupérateur de chaleur situé en amont des mitigeurs et de l'alimentation d'eau froid) ou $T_{position}^{gr,em-e} = 1$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont de l'alimentation d'eau froid)

L'eau froide arrivant au ballon d'eau chaude a été préalablement préchauffée :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{ep}(h) \quad (2191)$$

Si $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (récupérateur de chaleur situé uniquement en amont des mitigeurs)

Le préchauffage de l'eau froide ayant eu lieu uniquement au niveau des mitigeurs, l'eau froide arrivant au ballon d'eau chaude n'est pas impactée :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{entrant} = \theta_{ef} \quad (2192)$$

9.21.4 DISTRIBUTION D'ÉVACUATION DES EAUX GRISES DU GROUPE

9.21.4.1 Introduction

Cet objet permet de calculer les pertes thermiques sur les eaux grises entre l'évacuation au point de puisage et l'arrivée à l'échangeur de chaleur du système de récupération individuel ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$).

9.21.4.2 Nomenclature

Le Tableau 301 présente la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul pour la « distribution du groupe d'évacuation des eaux grises ».

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
$debit_{gw}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit d'eaux grises évacué au niveau de l'émetteur équivalent en direction de l'échangeur unitaire	L/h				
$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h)$	Débit d'eau froide appelé au niveau de l'émetteur équivalent en direction de l'échangeur unitaire	L/h				
$\theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h)$	Température des eaux grises évacuées au niveau de l'émetteur équivalent en direction de l'échangeur unitaire	°C				
$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure (fichier météo)	°C				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def	
$L_{evac,vc}^{2nd-e}$	Longueur moyenne totale du conduit de distribution du groupe d'évacuation des eaux grises ou longueur jusqu'à l'échangeur en volume chauffé ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$)	m				
$L_{evac,vnc}^{2nd-e}$	Longueur moyenne totale du conduit de distribution du groupe d'évacuation des eaux grises ou longueur jusqu'à l'échangeur en volume non chauffé ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$)	m				
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def	
Sorties						
Nom	Description	Unité				

$debit_{eg}^{2nd-e}(h)$	Débit d'eaux grises circulant dans la distribution du groupe en direction de l'échangeur de chaleur	L/h	
$debit_{ef}^{2nd-e}(h)$	Débit d'eau froide entrant en direction de l'échangeur de chaleur	L/h	
$\theta_{eg}^{2nd-e}(h)$	Température des eaux grises après calcul des pertes de distribution du groupe	°C	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
$\theta_{air}(h)$	Température moyenne de l'air ambiant au contact de la distribution	°C	
$\Delta\theta^{2nd-e}$	Chute de température dans le conduit	°C	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_{eau}	Masse volumique des eaux grises	kg/L	1
θ_{amb}	Température considérée dans les locaux chauffés	°C	20

Tableau 301 : Nomenclature des différentes variables du modèle « distribution du groupe d'évacuation des eaux grises »

9.21.4.3 Description mathématique

9.21.4.3.1 Débits d'appel et d'évacuation

Les débits d'appel et d'évacuation de la distribution du groupe d'évacuation des eaux grises avant leur passage dans l'échangeur de chaleur du récupérateur de chaleur (cas $Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$) sont :

$$debit_{gw}^{2nd-e}(h) = debit_{gw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2193)$$

$$debit_{ef}^{2nd-e}(h) = debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2194)$$

9.21.4.3.2 Températures et pertes thermiques

La température des eaux grises en entrée de la distribution du groupe d'évacuation des eaux grises, avant leur passage dans l'échangeur de chaleur du récupérateur de chaleur (cas $Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$), est calculée comme suit :

$$\theta_{eg}^{2nd-e}(h) = \theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2195)$$

Le ratio de prise en compte de la présence de locaux non chauffés b_{2nd-e} est calculé comme suit :

$$b_{2nd-e} = \frac{L_{evac,vnc}^{2nd-e}}{L_{evac,vc}^{2nd-e} + L_{evac,vnc}^{2nd-e}} \quad (2196)$$

Ce ratio permet de calculer une température d'air $\theta_{air}(h)$ pour les pertes :

$$\theta_{air}(h) = (1 - b_{2nd-e}) \times \theta_{amb} + b_{2nd-e} \times \theta_{ext}(h) \quad (2197)$$

La chute de température est calculée comme suit :

$$\Delta\theta^{2nd-e} = [1 - F_{am}] \times (\theta_{eg}^{2nd-e}(h) - \theta_{air}(h)) \quad (2198)$$

où F_{am} est le coefficient de pertes dans les canalisations :

$$F_{am} = 1 - \frac{0,16}{100} \times L_{evac,vc}^{2nd-e} - \frac{0,30}{100} \times L_{evac,vnc}^{2nd-e} \quad (2199)$$

La température des eaux grises en sortie de la distribution du groupe d'évacuation des eaux grises est :

$$\theta_{eg}^{2nd-e}(h) = \theta_{eg}^{2nd-e}(h) - \Delta\theta^{2nd-e} \quad (2200)$$

9.21.5 DISTRIBUTION D'ÉVACUATION INTERGROUPE DES EAUX GRISES

9.21.5.1 Introduction

Cet objet permet de calculer les pertes thermiques sur les eaux grises entre l'entrée dans le réseau de distribution d'évacuation intergroupe et l'arrivée à l'échangeur de chaleur du système de récupération de chaleur. Cet objet existe uniquement dans le cas d'une configuration de récupération des eaux grises collectives ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$).

9.21.5.2 Nomenclature

Le Tableau 302 présente la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul pour la « distribution d'évacuation intergroupe des eaux grises ».

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
$debit_{eg}^{2nd-e}(h)$	Débit d'eaux grises évacué au niveau du groupe en direction de l'échangeur unitaire	L/h				
$debit_{ef}^{2nd-e}(h)$	Débit d'eau froide appelé au niveau du groupe en direction de l'échangeur unitaire	L/h				
$\theta_{gw}^{2nd-e}(h)$	Température des eaux grises évacuées au niveau du groupe en direction de l'échangeur unitaire	°C				
$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure (fichier météo)	°C				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def	
$L_{evac,vc}^{prim}$	Longueur moyenne totale du conduit de distribution d'évacuation intergroupe des eaux grises ou longueur jusqu'à échangeur en volume chauffé ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$)	m				
$L_{evac,vnc}^{prim}$	Longueur moyenne totale du conduit de distribution d'évacuation intergroupe des eaux grises ou longueur jusqu'à échangeur en volume non chauffé ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$)	m				
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def	

Nom	Description	Unité	
$debit_{eg}^{prim}(h)$	Débit d'eaux grises circulant dans la distribution intergroupe en direction de l'échangeur de chaleur	L/h	
$debit_{ef}^{prim}(h)$	Débit d'eau froide entrant en direction de l'échangeur de chaleur	L/h	
$\theta_{eg}^{prim}(h)$	Température des eaux grises après calcul des pertes de distribution intergroupe	°C	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
$\theta_{air}(h)$	Température moyenne de l'air ambiant au contact de la distribution	°C	
F_{am}	Coefficient de pertes dans les canalisations	-	
$\Delta\theta^{prim}$	Chute de température dans le conduit	°C	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_{eau}	Masse volumique des eaux grises	kg/L	1
θ_{amb}	Température considérée dans les locaux chauffés	°C	20

Tableau 302 : Nomenclature des différentes variables du modèle « distribution d'évacuation intergroupe des eaux grises »

9.21.5.4 Description mathématique

9.21.5.4.1 Débits d'appel et d'évacuation

Les débits d'appel et d'évacuation de chaque groupe sont mélangés dans la distribution intergroupe avant leur passage dans l'échangeur de chaleur du récupérateur de chaleur (cas $Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$) :

$$debit_{eg}^{prim}(h) = \sum_{gr \in zone} debit_{eg}^{2nd-e}(h) \quad (2201)$$

$$debit_{ef}^{prim}(h) = \sum_{gr \in zone} debit_{ef}^{2nd-e}(h) \quad (2202)$$

9.21.5.4.2 Températures et pertes thermiques

La température moyenne des eaux grises en entrée de la distribution intergroupe, avant leur passage dans l'échangeur de chaleur du récupérateur de chaleur (cas $Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$), est calculée comme suit :

$$\theta_{eg}^{prim}(h) = \frac{\sum_{gr \in zone} debit_{eg}^{2nd-e}(h) \times \theta_{eg}^{2nd-e}(h)}{debit_{eg}^{prim}(h)} \quad (2203)$$

Le ratio de prise en compte de la présence de locaux non chauffés b_{prim} est calculé comme suit :

$$b_{prim} = \frac{L_{evac,vnc}^{prim}}{L_{evac,vc}^{prim} + L_{evac,vnc}^{prim}} \quad (2204)$$

Ce ratio permet de calculer une température d'air $\theta_{air}(h)$ pour les pertes :

$$\theta_{air}(h) = (1 - b_{prim}) \times \theta_{amb} + b_{prim} \times \theta_{ext}(h) \quad (2205)$$

La chute de température est calculée comme suit :

$$\Delta\theta^{prim} = [1 - F_{am}] \times (\theta_{eg}^{prim}(h) - \theta_{air}(h)) \quad (2206)$$

où F_{am} est le coefficient de pertes dans les canalisations :

$$F_{am} = 1 - \frac{0,16}{100} \times L_{evac,vc}^{prim} - \frac{0,30}{100} \times L_{evac,vnc}^{prim} \quad (2207)$$

La température des eaux grises en sortie de la distribution intergroupe est :

$$\theta_{eg}^{prim}(h) = \theta_{eg}^{prim}(h) - \Delta\theta^{prim} \quad (2208)$$

9.21.6 ÉCHANGEUR INSTANTANÉ DE CHALEUR SUR LES EAUX GRISES

9.21.6.1 Introduction

Comme mentionné dans la partie 1, les récupérateurs sur eaux grises de chaleur se déclinent en deux configurations, à savoir une récupération collective ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$) ou individuelle ($Type_{recup}^{gr,em-e} = 1$). La différence entre les configurations se fait uniquement au niveau des entrées qui ne sont pas récupérées au même niveau selon le cas.

L'algorithme du modèle « échangeur instantané de chaleur sur les eaux grises » est décomposé en deux étapes :

- Calcul de l'efficacité de l'échangeur instantané de chaleur sur les eaux grises ;
- Calcul de la température d'eau froide et des eaux grises à la sortie de l'échangeur instantané de chaleur sur les eaux grises en fonction de l'efficacité calculée et des données d'entrée du système (débits et températures de l'eau évacuée et de l'eau froide à préchauffer).

9.21.6.2 Nomenclature

Le Tableau 303 présente la nomenclature des différentes variables du modèle « échangeur instantané de chaleur sur les eaux grises ».

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
$\theta_{ef}(h)$	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS	°C
$\theta_{eg}^{prim}(h)$	Température des eaux grises à l'entrée de l'échangeur de chaleur en provenance de la distribution intergroupe	°C
$\theta_{eg}^{2nd-e}(h)$	Température des eaux grises à l'entrée de l'échangeur de chaleur en provenance de la distribution du groupe	°C
$debit_{ef}^{prim}(h)$	Débit volumique d'eau froide à l'entrée de l'échangeur de chaleur en provenance de la distribution intergroupe	L/h
$debit_{ef}^{2nd-e}(h)$	Débit volumique d'eau froide à l'entrée de l'échangeur de chaleur en provenance de la distribution du groupe	L/h
$debit_{eg}^{prim}(h)$	Débit volumique d'eaux grises à l'entrée de l'échangeur de chaleur en provenance de la distribution intergroupe	L/h
$debit_{eg}^{2nd-e}(h)$	Débit volumique d'eaux grises à l'entrée de l'échangeur de chaleur en provenance de la distribution du groupe	L/h
Paramètres intrinsèques du composant		

Nom	Description	Unit é	Min	Max	Def
$\varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$	Efficacité de l'échangeur de chaleur sur les eaux grises donnée par l'utilisateur	-	0	1	-
C_{trans}	Coefficient transitoire de l'échangeur	-	0	1	-
UA_{ech_eg}	Coefficient d'échange thermique global de l'échangeur de chaleur sur les eaux grises pour une représentation détaillée	W/K	0	$+\infty$	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unit é	Min	Max	Def
$i_{recup}^{gr,em-e}$	Présence ou absence d'un récupérateur de chaleur sur les eaux grises pour l'émetteur équivalent : 0. Pas de récupérateur de chaleur 1. Présence d'un récupérateur de chaleur	-	0	1	

Sorties

Nom	Description	Unit é
$\theta_{ep}(h)$	Température de l'eau froide préchauffée	°C
$\theta_{eg,evac}(h)$	Température des eaux grises après passage dans l'échangeur de chaleur (en sortie)	°C

Variables internes

Nom	Description	Unit é
$\theta_{eg}^{ech}(h)$	Température des eaux grises à l'entrée de l'échangeur de chaleur	°C
$debit_{eg}^{ech}(h)$	Débit d'eaux grises à l'entrée de l'échangeur de chaleur	L/h
$debit_{ef}^{ech}(h)$	Débit d'eau froide à l'entrée de l'échangeur de chaleur	L/h
$\varepsilon_{ech\_eg}(h)$	Efficacité du récupérateur de chaleur sur eaux grises	-
$C_{ef}(h)$	Débit calorifique de l'eau froide entrant dans l'échangeur	W/K
$C_{eg}(h)$	Débit calorifique des eaux grises dans l'échangeur	W/K

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/L	1

Tableau 303 : Nomenclature des différentes variables utilisées dans le modèle « échangeur instantané de chaleur sur les eaux grises »**9.21.6.3 Description mathématique**

9.21.6.3.1 Différences entre le modèle
« échangeur individuel » ($Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 0$) et
« échangeur collectif » ($Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 1$)

Si $Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 0$ (récupération collective) :

Récupération des données d'entrée au niveau intergroupe :

$$\theta_{eg}^{ech}(h) = \theta_{eg}^{prim}(h) \quad (2209)$$

$$debit_{ef}^{ech}(h) = debit_{ef}^{prim}(h) \quad (2210)$$

$$debit_{eg}^{ech}(h) = debit_{eg}^{prim}(h) \quad (2211)$$

Si $Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 1$ (récupération individuel) :

Récupération des données d'entrée au niveau du groupe

$$\theta_{eg}^{ech}(h) = \theta_{eg}^{2nd-e}(h) \quad (2212)$$

$$debit_{ef}^{ech}(h) = debit_{ef}^{2nd-e}(h) \quad (2213)$$

$$debit_{eg}^{ech}(h) = debit_{eg}^{2nd-e}(h) \quad (2214)$$

9.21.6.3.2 Partie commune aux modèles
« échangeur individuel » ($Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 0$) et
« échangeur collectif » ($Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 1$)

Cette partie est commune aux deux modèles d'échangeur de chaleur.

9.21.6.3.2.1 Calcul de l'efficacité de l'échangeur de chaleur

L'efficacité rentrée par l'utilisateur $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ doit prendre l'une des valeurs suivantes :

- $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe} = C_{trans} \times \varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ si les valeurs de C_{trans} et $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ sont issues des valeurs certifiées par un organisme indépendant accrédité ;
- $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe} = 0,9 \times C_{trans} \times \varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ si les valeurs de C_{trans} et $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ sont issues des valeurs justifiées par un organisme indépendant accrédité ;
- $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe} = \min\{0,8 \times C_{trans} \times \varepsilon_{ech\_eg\_fixe}, 0,15\}$ si les valeurs de C_{trans} et $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ sont issues des valeurs déclarées par le fabricant ;

- En l'absence d'information, à savoir qu'au moins une des valeurs de C_{trans} ou $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe}$ est prise par défaut, $\varepsilon_{ech\_eg\_fixe} = 0,8 \times 0,15$ est utilisée dans la représentation du récupérateur de chaleur.

À tout pas de temps h ,

$$\varepsilon_{ech\_eg}(h) = \begin{cases} 0 & , \text{si } C_{ef}(h) = 0 \text{ ou } C_{eg}(h) = 0 \\ \varepsilon_{ech\_eg\_fixe} & , \text{autrement} \end{cases} \quad (2215)$$

où les débits calorifiques $C_{ef}(h)$ et $C_{eg}(h)$ sont calculés suivant les équations (2216) et (2217).

$$C_{eg}(h) = \rho_{eau} \times c_{p,eau} \times \text{debit}_{eg}^{ech}(h) \quad (2216)$$

$$C_{ef}(h) = \rho_{eau} \times c_{p,eau} \times \text{debit}_{ef}^{ech}(h) \quad (2217)$$

9.21.6.3.2.2 Calcul de la température d'eau froide préchauffée et des eaux grises en sortie de l'échangeur de chaleur

La température de l'eau froide préchauffée en sortie de l'échangeur de chaleur se déduit de la façon suivante :

$$\theta_{ep}(h) = \theta_{ef}(h) + \varepsilon_{ech\_eg}(h) \times [\theta_{eg}^{ech}(h) - \theta_{ef}(h)] \times \frac{\min(C_{eg}(h); C_{ef}(h))}{C_{ef}(h)} \quad (2218)$$

La température des eaux grises préchauffées en sortie de l'échangeur de chaleur se déduit de la façon suivante :

$$\theta_{eg,evac}(h) = \theta_{eg}^{ech}(h) + \varepsilon_{ech\_eg}(h) \times [\theta_{ef}(h) - \theta_{eg}^{ech}(h)] \times \frac{\min(C_{eg}(h); C_{ef}(h))}{C_{eg}(h)} \quad (2219)$$

9.21.7 ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LA POMPE DE RELEVAGE (AJOUTS COMETH)

9.21.7.1 Calcul de la consommation

Dans le cas de l'utilisation d'une pompe de relevage rendue nécessaire par l'utilisation d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises associée à un récupérateur de chaleur unitaire, la consommation en énergie primaire de celle-ci est calculée à chaque pas de temps h comme suit :

$$Q_{relevage,douches-bains}^{gr,em-e-u}(h) = P_{relevage,nominal}^{gr,em-e-u} \times \Delta t_{effectif-relies,douches-bains}^{gr,em-e-u}(h) \quad (2220)$$

Où $P_{relevage,nominal}^{gr,em-e-u}$ est la puissance nominale de la pompe de relevage [W] et $\Delta t_{effectif-relies,douches-bains}^{gr,em-e-u}(h)$ [h], le temps effectif de fonctionnement de la pompe de relevage au pas de temps h , est calculé comme suit :

$$\Delta t_{effectif-relies,douches-bains}^{gr,em-e-u}(h) = \frac{\text{debit}_{nominal,relevage}^{gr,em-e-u}}{V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h)} \quad (2221)$$

avec, $\text{debit}_{nominal,relevage}^{gr,em-e-u}$ [L/h], le débit nominal de la pompe de relevage associée à un récupérateur de chaleur unitaire :

$$\text{debit}_{nominal,relevage}^{gr,em-e-u} = C_{simultaneite} \times Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} \times \quad (2222)$$

$$debit_{nominal,douches-bains}^{gr,em-e}$$

où $C_{simultaneite}$ est le coefficient de simultanéité de fonctionnement des appareils sanitaires (douches et/ou baignoires), calculé comme suit :

$$C_{simultaneite} = \begin{cases} \frac{0,8}{\sqrt{Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} - 1}} & \text{si } Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} \geq 5 \\ 1 & \text{autrement} \end{cases} \quad (2223)$$

La consommation en énergie primaire de la pompe de relevage au niveau de l'émetteur équivalent est) :

$$Q_{relevage,douches-bains}^{gr,em-e}(h) = \sum_{u \in em-e} Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times Q_{relevage,douches-bains}^{gr,em-e-u}(h) \quad (2224)$$

9.22 PR1_IdCET_ Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique

9.22.1 INTRODUCTION

Dans la présente méthode Th-BCE, la production d'eau chaude sanitaire à partir d'un ballon chauffé par un générateur thermodynamique est modélisée d'une part par un ballon de stockage avec ses propres paramètres, et le générateur thermodynamique et un échangeur d'autre part.

La norme NF EN 16147 préconise des essais sur l'assemblage de ces composants (c'est-à-dire la pompe à chaleur et le ballon de stockage). Les résultats ne portent que sur l'assemblage et non pas sur chacun des éléments.

Ce document a pour but de décrire les algorithmes de l'outil informatique opérationnel implémentant cette méthode, nommé IdCET. IdCET est un outil qui permet de fournir, à l'aide d'une méthode mathématique, les paramètres de description nécessaires à la présente méthode relatifs à la production d'eau chaud thermodynamique avec stockage, à partir des résultats d'essais de la norme NF EN 16147.

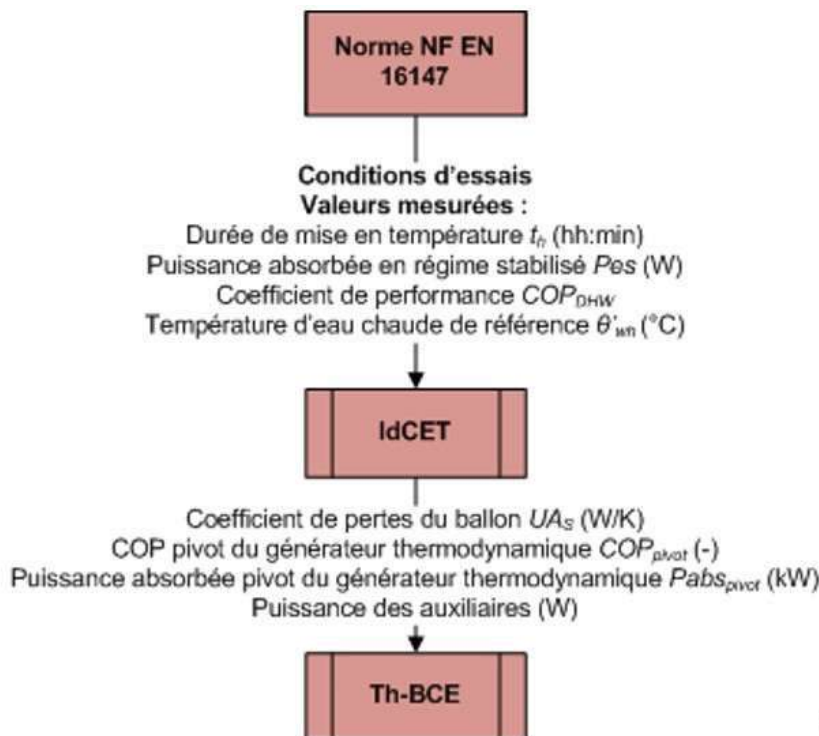


Figure 206 : principe de l'outil IdCET

Il s'agit d'identifier les paramètres suivants de la méthode Th-BCE :

1. UA_S : le coefficient de pertes du ballon en W/K
2. La valeur pivot du COP - cf. Méthode Th-BCE section 8.23
3. La valeur pivot de la puissance absorbée des machines thermodynamique - cf. Méthode Th-BCE section 8.23

Des paramètres complémentaires conventionnels sont également fournis en sortie d'IdCET.

Les modalités de calculs de l'outil IdCET sont décrites dans ce document.

9.22.1.1 *Domaine d'application*

IdCET ayant pour but de fournir des paramètres pour la méthode Th-BCE, seules les machines thermodynamiques décrites dans la méthode Th-BCE sont traitées. Il s'agit des CET sur air extérieur, air ambiant, air extrait et sur eau de nappe et dont les essais selon la NF EN 16147 sont effectués en fonctionnement thermodynamique pur, a minima pour les étapes C, D, E et F. IdCET exclut les essais de CET avec fonctionnement de l'appoint.

Dans ce cadre, tous les résultats issus des essais certifiés NF EN 16147 peuvent être utilisés pour calculer les paramètres Th-BCE correspondants.

9.22.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 304 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de d'identification de l'ECS thermodynamique.

Paramètres intrinsèques du composant				
Nom		Description	Unité	Plage de saisie ¹²
Résultats d'essais NF EN 16147	Id_{cycle}	Type de cycle de soutirage choisi pour l'étape E de la norme NF EN 16147 0- Cycle S 1- Cycle M 2- Cycle L 3- Cycle XL 4- Cycle XXL	-	[0,4]
	V_{tot}^{IdCET}	Volume du ballon	L	]0,+∞[
	t_h	Durée de mise en température	h	]0,48]
	P_{es}	Puissance absorbée en régime stabilisé	W	]0,+∞[
	COP_{DHW}	Coefficient de performance sur la totalité du cycle de soutirage choisi	-	]0,+∞[
	θ'_{WH}	Température d'eau chaude de référence	°C	]0,+∞[
Paramètres d'intégration du composant				
	$Type_{source\_chaleur}$	Type des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ECS : 0 : Pompe à chaleur sur l'air extérieur (placée à l'intérieur) 1 : Pompe à chaleur sur l'air extérieur (placée à l'extérieur) 2 : Air intérieur 3 : Air extrait 4 : Eau	entier	-
	Is_{aux}	Auxiliaires du générateur thermodynamique pris en compte dans les essais ? 0- Non 1- Oui	entier	
Sorties				
Nom		Description	Unité	Valeur conventionnelle

¹² Les plages sont des exigences minimales de saisie, et leur respect à lui seul ne garantit donc pas le bon fonctionnement du composant. Seuls des paramètres issus d'essais certifiés EN NF 16147 le garantissent. Toute réclamation doit donc fournir le PV d'essais (potentiellement anonyme) à l'appui.

Paramètres d'entrée Th-BCE	$(UA)_{s\_util}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	-
	$ValCOP_{pivot}$	Valeur pivot de la matrice des coefficients de performance	-	-
	$ValPabs_{pivot}$	Valeur pivot de la matrice des puissances absorbées	kW	-
	T_{aux}^{Th-BCE}	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	entier	-
	$\{ValECS(Icol, Ialign)\}$	Matrice des performances en mode ECS selon les températures amont et aval	-	$\{ValCOP_{pivot}\}$
	$\{ValPabs(ico, Ialign)\}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	-	$\{ValPabs_{pivot}\}$
	$\{ValCOR(Ico, Ialign)\}$	Matrice de correction des performances justifiées entrées sous forme de matrice	-	-
	$Fonc\_compr$	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	entier	2
	$Statut\_donnees$	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée	entier	
	$Statut\_donnée\_UA$	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée 0 - Certifiée 1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 2 - par défaut	entier	
Autres paramètres	$Statut\_Taux$	La part de la puissance électrique des auxiliaires de la pompe à chaleur dans la puissance électrique totale 0 - Certifiée 1 - Justifiée 2 - par défaut	entier	
	$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage 0. <i>Ballon base sans appoint</i> 1. <i>Ballon base plus appoint intégré</i> 2. <i>Ballon base plus appoint dans stockage séparé</i> 3. <i>Ballon base plus appoint séparé instantané</i> 4-SSC avec appoint chauffage par système indépendant 5- SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage	Ent.	0
	$\Delta\theta_{base}$	Hystérésis du système de régulation de la base	K	2
	$Syst\_Thermo\_ECS$	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ECS : 1 : PAC air extérieur / eau 2 : PAC air extrait / eau 3 : PAC air ambiant / eau 4 : PAC eau de nappe / eau	entier	
	Sys_thermo_ds	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ch+ECS : 1 : PAC air extérieur / eau 2 : PAC eau de nappe/eau	entier	

$id_{\text{fluide-amont}}$	3 : PAC eau glycolée/eau	Entier
	Type de fluide amont du générateur :	
	1 : Eau 2 : Air 3 : Autre fluide.	
$id_{\text{amont-air-type}}$	Type de source amont air du générateur :	Entier
	1 : Air extérieur,	
	2 : Air ambiant de volume non-chauffé, 3 : Air extrait.	

Variables internes

Nom	Description	Unité
$Id_{\text{étape\_norme}}$	Numéro de l'étape de la norme NF EN 16147 (0-étape C / 1-étape D / 2-étape E / 3-étape F)	-
Q_{TC_int}	Energie calorifique utile totale pendant la totalité du cycle de soutirage, valeur intermédiaire	Wh
$W_{EL-HP-TC\_int}$	Consommation d'énergie électrique totale de la pompe à chaleur pendant la totalité du cycle de soutirage, valeur intermédiaire	Wh
Q_{TC}^{Th-BCE}	Energie calorifique utile totale pendant la totalité du cycle de soutirage, calculée par Th-BCE	Wh
$W_{EL-HP-TC}^{Th-BCE}$	Consommation d'énergie électrique totale de la pompe à chaleur pendant la totalité du cycle de soutirage, calculée par Th-BCE	Wh
$Durée_{\text{étape}C}$	Durée de l'étape C de la norme NF EN 16147	h
$Durée_{\text{étape}D}$	Durée de l'étape D de la norme NF EN 16147	h
$Durée_{\text{étape}E}$	Durée de l'étape E de la norme NF EN 16147	h
$nb_{\text{cycle\_MA}}$	Nombre de cycle marche-arrêt de la pompe à chaleur durant l'étape D de la norme NF EN 16147	-
t_{TTC}	Durée du cycle d'essai (étape E de la norme NF EN 16147)	h
t_h^{Th-BCE}	Durée de mise en température, calculée par Th-BCE	h
W_{es}^{Th-BCE}	Energie absorbée pendant le dernier cycle marche/arrêt de la pompe à chaleur de l'étape D, calculée avec Th-BCE.	Wh
P_{es}^{Th-BCE}	Puissance absorbée en régime stabilisé, calculée avec Th-BCE.	W
t_{es}^{Th-BCE}	Durée d'un cycle marche/arrêt (période comprise entre le dernier et l'avant-dernier arrêt du compresseur) de la pompe à chaleur pour déterminer la puissance absorbée de réserve	h
$Q_{cons}(h)$	Energie consommée par le compresseur de la pompe à chaleur au pas de temps h	Wh
$Q_{cons}(h-1)$	Energie consommée par le compresseur de la pompe à chaleur au pas de temps $h-1$	Wh
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale utilisé pour l'ECS	-
nbh_{fonct}	Nombre d'heure de fonctionnement du compresseur de la pompe à chaleur durant la mise en température du ballon (étape C)	h
LR	Taux de charge de la pompe à chaleur	-
$Q_{w\_int}(h)$	Besoins d'ECS intermédiaires	Wh/K

$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante dans laquelle se trouve le système de production d'ECS	°C	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Valeur
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

Tableau 304 : Nomenclature du modèle

9.22.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

9.22.3.1 Principe de l'outil IdCET

IdCET est essentiellement constitué d'un algorithme itératif qui recherche le triplet de valeurs ($UA_{S,util}$, $ValCOP_{pivot}$, $ValPabs_{pivot}$) pour lequel le modèle Th-BCE de production d'ECS thermodynamique reproduit exactement les résultats d'essais. Le cycle de recherche de la solution, aussi appelé cycle de résolution peut être schématisé de la manière suivante :

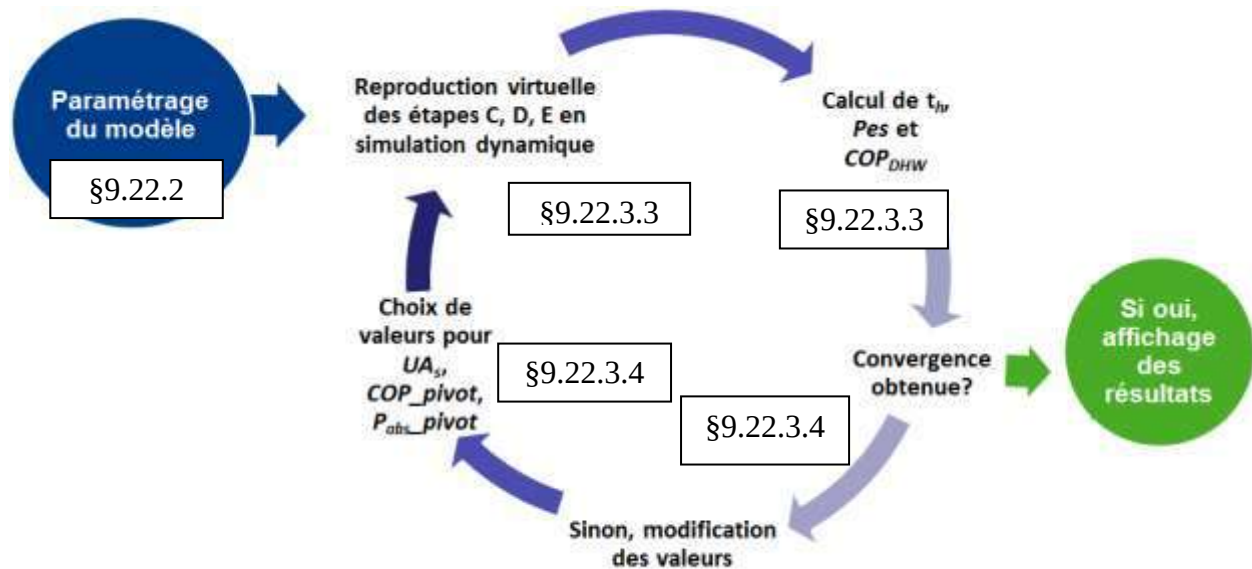


Figure 207 : cycle de résolution d'IdCET

Les étapes C, D et E sont reproduits de manière dynamique dans IdCET, tandis que le cycle F est utilisé uniquement pour identifier la température d'eau chaude de référence θ'_{WH} à la température de consigne du ballon.

9.22.3.2 *Le paramétrage du modèle physique d'IdCET*

Bien que les modèles physiques de production d'ECS thermodynamique d'IdCET soient intégralement issus des règles Th-BCE, les conditions d'utilisation des modèles sont différentes des conditions Th-BCE. Par conditions d'utilisation, on entend :

- 1) L'environnement extérieur
- 2) Le bâti
- 3) Les besoins et profils de puisage d'ECS
- 4) Les paramètres d'intégration du système de production d'ECS

Les paragraphes ci-dessous décrivent les modifications faites aux règles Th-BCE pour l'outil IdCET. Lorsque ce n'est pas précisé, les hypothèses du moteur réglementaire Th-BCE sont reprises.

9.22.3.2.1 Environnement extérieur

Pour être conforme à la norme NF EN 16147, la température extérieure θ_{ext} et la température d'eau froide θ_{cw} du moteur de calcul sont supposées constantes :

$$\begin{aligned}\forall \square, \theta_{ext}(\square) &= 7^{\circ}\text{C} \\ \forall \square, \theta_{cw}(\square) &= 10^{\circ}\text{C}\end{aligned}\tag{2225}$$

La correction due à l'altitude ne s'applique pas à ces températures.

9.22.3.2.2 Le bâti

La température du local dans lequel est situé la production d'ECS thermodynamique est figée, selon la configuration, à 15°C ou à 20°C.

Si $Type_{source\_chaleur} = 2$

$$\forall \square, \theta_{amb}(\square) = 15^{\circ}\text{C}\tag{2226}$$

Si $Type_{source\_chaleur} \neq 2$

$$\forall \square, \theta_{amb}(\square) = 20^{\circ}\text{C}$$

9.22.3.2.3 Les besoins d'ECS

Conventionnels dans la méthode Th-BCE, les besoins d'ECS doivent être, pour IdCET, strictement conformes aux puisages prévus dans la norme NF EN 16147.

Les besoins d'ECS peuvent être établis avant le calcul dynamique. On utilise la variable intermédiaire $Q_{w\_int}(h)$, exprimée en Wh/K, de la manière suivante :

$$Q_{w\_int}(\square) = \rho_w * C_w * (a^{gr,em-e} * a_{\square}(\square))\tag{2227}$$

Etape C

L'étape C de la norme NF EN 16147 est la période de chauffe du ballon, initialement froid. Il n'y a pas de soutirages d'énergie dans le ballon (pas de besoins d'ECS) :

$$(a^{gr,em-e})^{cycleA} = 0 \quad (2228)$$

Etape D

Pendant l'étape D, le ballon est en régime stabilisé, il n'y a pas de soutirages non plus, les besoins d'ECS sont nuls.

$$(a^{gr,em-e})^{cycleB} = 0 \quad (2229)$$

Etape E

Les puisages d'ECS dans le ballon commencent à l'étape E de la norme NF EN 16147 en utilisant, au choix, l'un des cinq cycles de puisage suivants. Le choix est fait par l'utilisateur d'IdCET via le paramètre Id_{cycle} . Les profils ramenés au pas de temps horaires sont représentés ci-dessous.

Tableau 305 : Profil moyen de puisage journalier des cinq cycles (S, M, L, XL, XXL)

Profil de puisage de l'ECS		E de soutirage (en kWh) - cycle S	E de soutirage (en kWh) - cycle M	E de soutirage (en kWh) - cycle L	E de soutirage (en kWh) - cycle XL	E de soutirage (en kWh) - cycle XXL
De	à					
0	1	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0
4	5	0	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0
6	7	0	0	0	0	0
7	8	0,210	1,610	1,715	6,450	8,270
8	9	0,105	0,420	3,920	0,420	0,420
9	10	0,105	0,210	0,210	0,210	0,210
10	11	0,000	0,105	0,105	0,210	0,210
11	12	0,210	0,210	0,210	0,315	0,315
12	13	0,315	0,315	0,315	0,735	0,735
13	14	0	0	0	0	0
14	15	0	0,105	0,105	0,105	0,105
15	16	0	0,105	0,105	0,210	0,210
16	17	0	0,105	0,105	0,210	0,210
17	18	0	0	0	0,105	0,105
18	19	0,210	0,315	0,315	0,315	0,315
19	20	0	0,105	0,105	0,105	0,105
20	21	0,420	0,735	0,735	5,155	6,975
21	22	0,525	1,505	3,710	4,525	6,345
22	23	0	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0

A partir de ces profils d'énergie normés, nous pouvons en déduire l'énergie totale puisée du cycle et le volume quotidien d'eau à 40°C noté $V_{40^{\circ}C}$ (la température d'eau froide est fixée à 10°C) :

Tableau 306 : Volume d'eau quotidien à 40°C, $V_{40^{\circ}\text{C}}$

	E de soutirage (en kWh) - cycle S	E de soutirage (en kWh) - cycle M	E de soutirage (en kWh) - cycle L	E de soutirage (en kWh) - cycle XL	E de soutirage (en kWh) - cycle XXL
Energie totale du cycle (kWh/jour)	2,100	5,845	11,655	19,070	24,530
$V_{40^{\circ}\text{C}}$ exprimé en L/d'eau à 40°C par jour	60,0	167,1	333,2	545,2	701,3

A partir de ces éléments, on calcule la clé de répartition horaire, notée $ah^{NF\_EN\_16147}$. Elle permet de traduire un besoin d'énergie quotidien en un besoin d'énergie horaire. Autrement dit,

$$ah^{NF\_EN\_16147}(h) = \frac{Q_w(h)}{\sum_{h=0}^{23} Q_w(h)} \quad (2230)$$

Pour chacun des cinq cycles, la clé de répartition est la suivante (d'après la norme NF EN 16147, l'étape C commence au premier puisage du cycle) :

Tableau 307 : Clé de répartition $ah^{NF\_EN\_16147}$ du volume quotidien à chaque pas de temps

Tsimul	E de soutirage (en kWh) - cycle S	E de soutirage (en kWh) - cycle M	E de soutirage (en kWh) - cycle L	E de soutirage (en kWh) - cycle XL	E de soutirage (en kWh) - cycle XXL
1	0,100	0,275	0,147	0,338	0,337
2	0,050	0,072	0,336	0,022	0,017
3	0,050	0,036	0,018	0,011	0,009
4	0,000	0,018	0,009	0,011	0,009
5	0,100	0,036	0,018	0,017	0,013
6	0,150	0,054	0,027	0,039	0,030
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,018	0,009	0,006	0,004
9	0,000	0,018	0,009	0,011	0,009
10	0,000	0,018	0,009	0,011	0,009
11	0,000	0,000	0,000	0,006	0,004
12	0,100	0,054	0,027	0,017	0,013
13	0,000	0,018	0,009	0,006	0,004
14	0,200	0,126	0,063	0,270	0,284
15	0,250	0,257	0,318	0,237	0,259

A partir des deux éléments précédemment calculés ($V_{40^{\circ}\text{C}}$ et $ah^{NF\_EN\_16147}$), on pose :

$$\begin{cases} a^{gr,em-e} = V_{40^{\circ}\text{C}}^{NF\_EN\_16147} \\ ah(h) = ah^{NF\_EN\_16147}(h) \end{cases} \quad (2231)$$

Note : la clé de répartition horaire et le volume d'eau chaude sont basés sur une journée (24h) et non sur la semaine comme pour les conventions réglementaires.

Besoins d'ECS horaires au cours de la simulation

Le besoin d'ECS intermédiaire pour chacune de ces étapes est alors calculé au pas de temps horaire

à partir de la formule (2227) pour toute la durée de la simulation.

9.22.3.2.4 Le système de production d'ECS

Remarque : les numéros de paragraphe ci-dessous font référence à la méthode de calcul Th-BCE.

Le système de production d'ECS respecte la structure des règles Th-BCE c'est-à-dire qu'il possède une émission (§9.5), une distribution ECS du groupe (§9.7), une distribution intergroupe (§9.8) et une génération. Dans cette dernière, se trouve, pour l'ECS, un assemblage « ballon base seule » avec, pour générateur, une pompe à chaleur (PAC) à compression électrique.

Assemblage ballon base seule

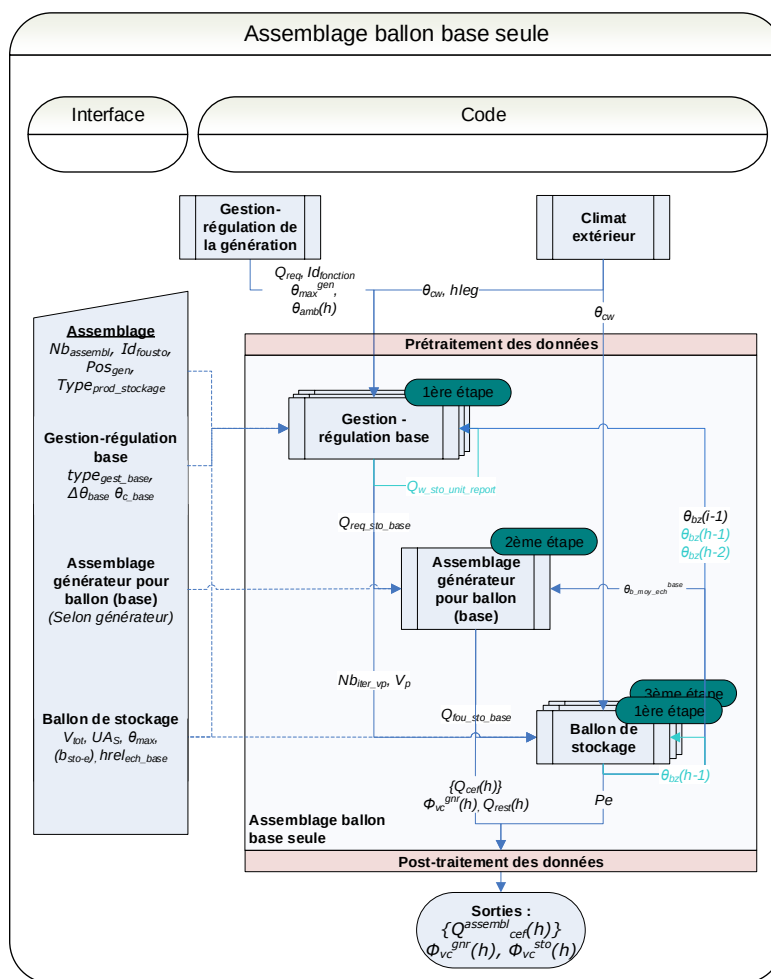


Figure 208 : assemblage ballon base seule Th-BCE

La valeur des paramètres de l'assemblage suivants sont imposées :

Nom	Description	Valeur IdCET
$Nb_{assemblage}$	Nombre d'assemblage identique « ballon base seule »	1
id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage (3-fonctionnement ECS)	3
$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage (0-ballon base seule)	0

Distributions et émission d'ECS

Les besoins d'ECS sont, dans la norme NF EN 16147, des besoins de soutirage en entrée du ballon. Dans le modèle Th-BCE l'énergie requise au niveau du ballon est calculée de manière dynamique à partir d'un besoin à l'émission (lié à l'occupant) corrigé des pertes thermiques de distributions (§9.6de la méthode Th-BCE). Dans notre cas, les besoins à l'émission calculés dans ce document doivent être identiques à l'énergie de soutirage. Les pertes thermiques des distributions sont donc considérées comme nulles. Ceci est réalisé en annulant l'impact des émetteurs d'ECS.

Nom	Description	Valeur
$Rat_{eme}^{gr,em-e}$	Ratio de surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	1
Id_{corr}	Mode de calcul du coefficient correctif de l'émission équivalente d'ECS (=0 calcul détaillé / =1 calcul simplifié)	1
$Corr\_util^{gr,em-e}$	Valeur à saisir du coefficient correcteur	0

On met à 0 la longueur de distributions d'ECS. Ainsi les pertes thermiques de distributions sont nulles.

Nom	Description	Valeur IdCET
L_{vc_2nd-e}	Longueur totale du réseau de distribution d'ECS, interne au groupe, situé en volume chauffé divisée par nb_{dist_2nd-e}	0
L_{hvc_2nd-e}	Longueur totale du réseau de distribution d'ECS, interne au groupe, situé hors volume chauffé divisée par nb_{dist_2nd-e}	0

Et il n'y a pas de distribution collective dans l'objet « distribution intergroupe d'ECS »

Nom	Description	Valeur IdCET
$Type_{réseauintergroupe-e}$	Type du réseau de distribution intergroupe ECS (=0 si pas de réseau intergroupe / =1 si bouclé / =2 si tracé)	0

Ballon d'ECS

Le volume du ballon utilisé dans le moteur de calcul est saisi par l'utilisateur dans IdCET.

$$V_{tot} = V_{tot}^{IdCET} \quad (2232)$$

Comme expliqué au §9.22.3.1, la température de consigne du ballon est supposée égale à la température de l'eau chaude de référence saisie par l'utilisateur dans IdCET :

$$\theta_{c\_base} = \theta'_{wh} \quad (2233)$$

De fait, la valeur de UA_s est certifiée.

$$Statut_{données\_UA} = 0 \quad (2234)$$

Les autres paramètres intrinsèques et d'intégration du modèle de ballon d'ECS prennent les valeurs suivantes :

Nom	Description	Valeur IdCET

$Type_{gest\_th\_base}$	Type de gestion du thermostat de base du ballon de stockage 0 - Chauffage permanent 1 - Chauffage de nuit	0
θ_{max}	Température maximale du ballon	90
Z_{base}	Numéro de la zone du ballon qui le générateur de base	1
$h_{rel\_ech\_base}$	Hauteur relative de l'échangeur du générateur de base	0
$\delta\theta_{base}$	Hystérésis de régulation du générateur de base	2

Générateur thermodynamique et source amont

Le paramétrage du modèle de générateur thermodynamique est le suivant :

Nom	Description	Unité	Valeur IdCET
Id_{fougen}	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3	-	3
$Fonc\_compr$	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	entier	2
$Statut\_donnees$	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée	entier	1
$Statut\_Taux$	La part de la puissance électrique des auxiliaires de la pompe à chaleur dans la puissance électrique totale 0 - Certifiée 1 - Justifiée 2 - par défaut	entier	0
Lim_Theta	0 = pas de limite 1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	entier	0
$Taux$	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	entier	0
$Typo\_emetteur$	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage, en refroidissement et pour la production d'ECS : 1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti, 2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie moyenne, 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère : systèmes à air, 5 : production d'ECS.	-	5
R_{dim}	Nombre de machines identiques dans le même mode	entier	1
Deq	Durée des irréversibilités	entier	0.5

Remarque importante :

Dans IdCET, il n'est pas utile de préciser le type de source amont ou la valeur de la température de source pour les raisons détaillées ci-dessous.

La température de source de la NF EN 16147 étant constante (7°C, 15°C ou 20°C), seule la colonne de la valeur pivot de COP (resp. *Pabs*) de la matrice caractérisant le générateur thermodynamique dans Th-BCE est utilisée.

		Tamont (air extrait)						
		Tam >	5	10	15	20	25	30
Taval	priorité	6	4	2	1	3	5	
5	7							
15	5							
25	3							
35	2							
45	1							
55	4							
65	6							

Or, d'après la méthode Th-BCE, les valeurs de températures aval ainsi que les coefficients *Cnnav* pour le *COP* (resp. *Pabs*) sont identiques pour toutes les pompes à chaleur ECS. Autrement dit, à partir d'une même valeur pivot, le remplissage de la colonne est identique quel que soit la valeur de la température de la source froide.

Quelle que soit la source amont,

$$ValECS_{pivot} = COP_{pivot} \quad (2235)$$

$$ValPabs_{pivot} = Pabs_{pivot}$$

La puissance des auxiliaires des sources amont (ventilateurs de gaine, pompe de captage ou autre) est nulle.

9.22.3.3 Le calcul dynamique

Une fois le modèle paramétré et le profil des besoins établi pour les différentes étapes de la norme, les calculs sont effectués dynamiquement au pas de temps horaire. Ce paragraphe détaille le calcul dynamique du triplet de valeurs (t_h^{Th-BCE} , P_{ES}^{Th-BCE} , COP_{DHW}^{Th-BCE}) associées à chacune des trois étapes de la norme NF EN 16147 reproduites dans Th-BCE, à partir du triplet de paramètres d'entrée ($UA_{S,util}$, $ValCOP_{picot}$, $ValPABS_{pivot}$). On rappelle que c'est ce calcul qui sera appelé plusieurs fois jusqu'à ce qu'un triplet de paramètres d'entrée ($UA_{S,util}$, $ValCOP_{picot}$, $ValPABS_{pivot}$) donne un résultat (t_h^{Th-BCE} , P_{ES}^{Th-BCE} , COP_{DHW}^{Th-BCE}) identique aux résultats d'essais.

Chacune des valeurs (t_h^{Th-BCE} , P_{ES}^{Th-BCE} , COP_{DHW}^{Th-BCE}) est calculée séparément. Par commodité, on appelle f_{th} , f_{PES} , f_{COP} chacune des trois fonctions qui calcule les trois précédentes valeurs.

9.22.3.3.1 Initialisation

La simulation commence toujours par l'étape A (numérotée 0).

$$id_{\text{etape\_norme}} = 0 \quad (2236)$$

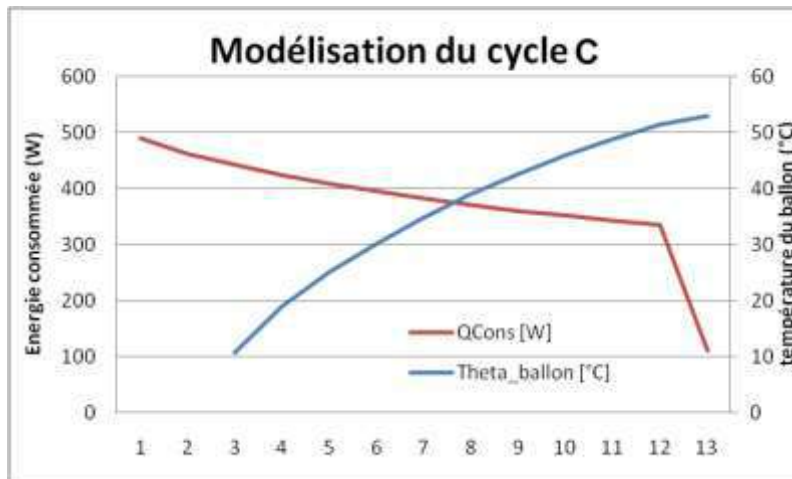
9.22.3.3.2 Etape C : fonction f_{th}

Cette étape correspond à la montée en température du ballon d'ECS. Pour modéliser cela dans l'outil IdCET, les températures du ballon sont, au début du premier pas de temps, initialisées à 10°C (température de l'eau froide).

$$\forall z, \theta_{bz}^{init} = 10^\circ\text{C} \quad (2237)$$

Fin de l'étape C : En début de simulation, le compresseur de la machine thermodynamique s'enclenche pour réchauffer le ballon jusqu'à sa température de consigne. IdCET plafonne à 48h la durée maximale de montée en température du ballon.

Comme mentionné plus haut, le compresseur fonctionne en cycles marche/arrêt. Il fonctionne donc à pleine charge un certain nombre d'heures entières puis, a priori, à « charge partielle » sur le dernier pas de temps de chauffage. Sur l'exemple suivant, on voit sur le dernier pas de temps de chauffe que l'énergie consommée au cours de ce pas de temps est plus faible.



Etant en cycles marche/arrêt, cette « charge partielle » du compresseur est en réalité une pleine charge sur une *fraction d'heure*. Le ratio de fonctionnement, noté $Rat_{foncECS}$ est donc en réalité cette

fraction d'heure qui nous permet de calculer une durée *non entière* de temps de chauffe en heures, et ceci bien que le moteur soit horaire.

On retranche donc au nombre total de pas de temps de chauffe (13 sur cet exemple), la durée pendant laquelle le compresseur n'a pas fonctionné ($1-Rat_{foncECS}$) au dernier pas de temps. Le Q_{req} correspond à l'énergie requise aux bornes de la pompe à chaleur.

Initialisation

$$Nbh_{fonct}(h)=0 \quad (2238)$$

Si $Q_{req}(h)>0$

Tant que LR=100%,

$$Nbh_{fonct}=Nbh_{fonct}(h-1)+1$$

Si LR<100%,

$$Nbh_{fonct}=Nbh_{fonct}(h-1)+R_{fonctECS}(h) \quad (2239)$$

Sinon $Q_{req}(h)=0$

$$\begin{cases} t_h^{Th-BCE} = nbh_{fonct} \\ id_{étape\_norme} = 1 \end{cases}$$

La durée de mise en température du ballon calculée avec Th-BCE, notée t_h^{Th-BCE} , est alors connue.

9.22.3.3.3 Etape D : fonction f_{PES}

L'étape D, telle que décrite dans la norme NF EN 16147, correspond à un régime stabilisé. La pompe à chaleur compense uniquement les pertes thermiques du ballon.

Initialisation

$$\begin{cases} t_{es} = 0 \\ W_{es} = 0 \\ nb_{cycle\_MA} = 0 \\ Durée_{étapeB} = 0 \end{cases} \quad (2240)$$

A chaque pas de temps h de l'étape D ($id_{étape\_norme} = 1$)

Si ($Durée_{étapeD} < 48$ et $nb_{cycle\_MA} < 6$),

Lorsque $Q_{cons}(h-1) \neq 0$ et $Q_{cons}(h)=0$

$$\begin{cases} nb_{cycle\_MA} = nb_{cycle\_MA} + 1 \\ t_{es} = 0 \\ W_{es} = 0 \end{cases} \quad (2241)$$

Sinon

$$\begin{cases} Durée_{étapeD} = Durée_{étapeD} + 1 \\ t_{es} = t_{es} + 1 \\ W_{es} = W_{es} + Q_{cons}(h) \end{cases}$$

Sinon

$$\begin{cases} id_{étape\_norme} = 2 \\ P_{es}^{Th-BCE} = \frac{W_{es}(h-1)}{t_{es}(h-1)} \end{cases} \quad (2242)$$

P_{es} est exprimée en W.

9.22.3.3.4 Etape E : fonction f_{COP}

Avant de commencer l'étape E, le ballon est à la température de consigne. L'étape C débute toujours à 7h00 du matin par le premier puisage du cycle choisi (XS, S, M, L ou XL caractérisé par la variable Id_{cycle}).

La durée du cycle E, variable selon les configurations et d'un minimum de 24h, est notée Tt_{tc} . Pour la fin du cycle E, on distingue deux configurations (cf. norme NF EN 16147, §6.5.2). 24h après le début du cycle E :

- si le compresseur est en train de fonctionner (pour compenser les pertes du ballon, donc, puisqu'il n'y a plus de puisages), on attend qu'elle s'arrête et le cycle E s'arrête ;
- si le compresseur n'est pas en train de fonctionner, on attend sa remise en marche, puis son arrêt.

Pour résumer, le cycle E s'arrête après la dernière mise en route de la PAC, 24h au moins après le début du cycle E. Les algorithmes sont les suivants :

Initialisation

$$\begin{cases} Durée_{étapeE} = 0 \\ Q_{TC\_int} \\ W_{EL-HP-TC\_int} \\ \theta_{bz}^{init} = \theta_{c\_base} \end{cases} \quad (2243)$$

A chaque pas de temps h de l'étape E ($id_{étape\_norme} = 2$)

Si $Durée_{étapeE} < 24$

$$\begin{cases} Durée_{étapeE} = Durée_{étapeE} + 1 \\ Q_{TC\_int} = Q_{TC\_int} + Q_{req_{ecs}}(h) \\ W_{EL-HP-TC\_int} = W_{EL-HP-TC\_int} + Q_{cef(ecs,elec)}(h) \end{cases} \quad (2244)$$

Si $Durée_{étapeE} \geq 24$

Si $Q_{cons}(h-1) \neq 0$ et $Q_{cons}(h) = 0$,

$$\begin{cases} t_{TTC} = \text{Durée}_{\text{étape}E} \\ Q_{TC}^{Th-BCE} = Q_{TC\_int} \\ W_{EL-HP-TC}^{Th-BCE} = W_{EL-HP-TC\_int} \end{cases}$$

$$\text{et } id_{\text{étape\_norme}} = 3$$

Sinon

$$\begin{cases} \text{Durée}_{\text{étape}E} = \text{Durée}_{\text{étape}E} + 1 \\ Q_{reqTC\_intTC\_int} \end{cases}$$

Le COP_{DHW} s'exprime alors ainsi :

$$COP_{DHW}^{Th-BCE} = \frac{Q_{TC}^{Th-BCE}}{W_{EL-HP-TC}^{Th-BCE} + (24 - t_{TTC}) * P_{es}^{Th-BCE}} \quad (2245)$$

9.22.3.4 Méthode d'identification des paramètres

Par commodité, on prend la notation suivante : on définit la fonction $\vec{F}$ par

$$\vec{F}: \begin{matrix} \mathfrak{R}^3 \\ (UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} \mathfrak{R}^3 \\ (t_h^{Th-BCE}, P_{ES}^{Th-BCE}, COP_{DHW}^{Th-BCE}) \end{matrix} \quad (2246)$$

Chacune des composantes de $\vec{F}$ étant calculée par les trois fonctions f_{th} , f_{PES} et f_{COP} détaillées dans la section 9.22.3.3.

L'objectif est de déterminer le triplet $(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot})$ pour lequel

$$\vec{F}(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) = (t_h, P_{ES}, COP_{DHW}) \quad (2247)$$

Pour se faire, on définit la fonction de $\mathfrak{R}^3$ dans $\mathfrak{R}$ suivante :

$$\begin{aligned} \epsilon(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) \\ = \left\| \frac{\vec{F}(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) - (t_h, P_{ES}, COP_{DHW})}{(t_h, P_{ES}, COP_{DHW})} \right\| \end{aligned} \quad (2248)$$

Le symbole $\| \cdot \|$ désigne la norme 2 sur $\mathfrak{R}^3$. La division, qui doit être comprise comme une division composante à composante, permet d'adimensionner le résultat. Nous allons mettre en œuvre un algorithme qui détermine le zéro de la fonction ϵ . Ce zéro correspond bien à des valeurs de $(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot})$ pour lesquelles on reproduit les résultats de l'essai NF EN 16147.

On remarque que les valeurs prise par la fonction ϵ sont toutes positives. Par conséquent, le zéro de la fonction ϵ correspondant également à son minimum *global*, supposé unique. La fonction ϵ ayant une forme extrêmement complexe, il est plus aisé de chercher son minimum global qu'un zéro. On utilise l'algorithme reconnu de Nelder-Mead (cf. Ref (1)), qui permet de trouver des minimums *locaux* de fonctions de $\mathfrak{R}^n$ dans $\mathfrak{R}$. On impose comme condition d'arrêt que les différents points tests soient distants de moins de 10^{-9} . Toutefois, à ce stade, rien ne nous assure que le minimum ne soit

pas que *local* alors que nous cherchons un minimum *global*. On rajoute alors une autre condition :

$$\epsilon(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) < 10^{-4} \quad (2249)$$

Si cette condition est atteinte lorsque l'algorithme de Nelder-Mead trouve une solution, on considère que le minimum local est global. Sinon, *une nouvelle condition de départ aléatoire est donnée à l'algorithme pour relancer un calcul*. Cet aléatoire explique que la durée de calcul puisse varier d'un calcul à un autre à paramètres identiques. Toutefois, **la convergence vers l'unique triplet résultat est assurée par la double condition de convergence**.

Remarque :

L'algorithme de Nelder-Mead explore différentes solutions tests jusqu'à déterminer la solution finale. Durant cette exploration, le processus mathématique peut explorer des triplets de valeurs $(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot})$ absurdes. Par absurde, on entend :

- un des membres au moins du triplet est négatif ;
- le triplet ne permet pas au ballon de se réchauffer en moins de 48h lors de l'étape C (souvent lié à un produit $ValCOP_{pivot} \times ValPABS_{pivot}$ trop petit) ;
- le triplet ne permet d'effectuer un cycle marche/arrêt complet lors de l'étape D (souvent lié à un $UA_{S,util}$ trop petit) ;
- le triplet ne permet pas au compresseur de s'arrêter au moins une fois dans les 48h après la fin du puisage de l'étape E (souvent lié à un produit $ValCOP_{pivot} \times ValPABS_{pivot}$ trop petit).

Dans ces cas, la fonction ϵ renvoie artificiellement une valeur seuil prise forfaitairement à 100.

9.22.3.5 Les sorties d'IdCET et les entrées de Th-BCE

En plus des trois variables identifiées précédemment ($UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}$), l'utilisation d'IdCET pour évaluer les performances d'un chauffe-eau thermodynamique conditionne le jeu de données d'entrée du moteur Th-BCE.

9.22.3.5.1 La puissance des auxiliaires de la pompe à chaleur

La puissance des auxiliaires de la pompe à chaleur dans l'outil IdCET est supposée nulle ($T_{aux} = 0$). Par contre, dans le moteur de calcul Th-BCE, la prise en compte des auxiliaires dépend des résultats d'essais. La variable de sortie d'IdCET nommée T_{aux}^{Th-BCE} prend la valeur suivante :

$$\begin{aligned} \text{Si } Is_{aux}=0 \text{ (les auxiliaires ne sont pas pris en compte dans les résultats d'essais)} \\ T_{aux}^{Th-BCE} = 0.02 \end{aligned} \quad (2250)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } Is_{aux}=1 \text{ (les auxiliaires sont pris en compte dans les résultats d'essais)} \\ T_{aux}^{Th-BCE} = 0 \end{aligned} \quad (2251)$$

9.22.3.5.2 Statut des sorties d'IdCET

Enfin, les sorties de calcul d'IdCET sont supposées être de même nature que les données d'entrée de ce calcul :

Si $t_h, P_{es}, COP_{DHW}, \theta'_{WH}$ sont certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

Pour COP_{pivot} et $Pabs_{pivot}$

$$Statut\_donnees=certifiées \quad (2252)$$

Pour $UA_{S,util}$:

$$Statut\_donnée\_UA=0$$

Pour T_{aux} :

$$\begin{aligned} \text{Si } Is_{aux}=0, \\ Statut\_Taux=2 \text{ (valeur par défaut de Th-BCE)} \end{aligned} \quad (2253)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } Is_{aux}=1, \\ Statut\_Taux=0 \text{ (voir valeur de Taux au §9.22.3.5.1)} \end{aligned}$$

Si $t_h, P_{es}, COP_{DHW}, \theta'_{WH}$ sont justifiées par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

$$\text{Pour } COP_{pivot} \text{ et } Pabs_{pivot} \quad (2254)$$

Statut_donnees=justifiées

Pour UA_{S_util} :

Statut_donnée_UA=1

Pour T_{aux} :

Si $Is_{aux}=0$,

Statut_Taux=2 (valeur par défaut de Th-BCE) (2255)

Si $Is_{aux}=1$,

Statut_Taux=1 (voir valeur de Taux au §9.22.3.5.1)

Note : la pénalisation des valeurs « justifiées » s'applique dans le moteur Th-BCE.

9.22.3.5.3 Les autres paramètres

Les équations ci-dessous établissent la correspondance entre la typologie des systèmes thermodynamiques de la norme NF EN 16147 et celle de la méthode Th-BCE.

Si $Type_{source\_chaleur} = 0$ ou 1 (air extérieur),

$$\begin{cases} Syst\_Thermo\_ECS^{Th-BCE} = 1 \\ Id_{fluide\_amont} = 2 \\ Id_{amont-air-type} = 1 \end{cases} \quad (2256)$$

Si $Type_{source\_chaleur} = 2$ (air ambiant),

$$\begin{cases} Syst\_Thermo\_ECS^{Th-BCE} = 3 \\ Id_{fluide\_amont} = 2 \\ Id_{amont-air-type} = 2 \end{cases} \quad (2257)$$

Si $Type_{source\_chaleur} = 3$ (air extrait),

$$\begin{cases} Syst\_Thermo\_ECS^{Th-BCE} = 2 \\ Id_{fluide\_amont} = 2 \\ Id_{amont-air-type} = 3 \end{cases} \quad (2258)$$

Si $Type_{source\_chaleur} = 4$ (eau),

$$\begin{cases} Syst\_Thermo\_ECS^{Th-BCE} = 4 \\ Id_{fluide\_amont} = 1 \end{cases} \quad (2259)$$

Le compresseur de la pompe à chaleur est supposé fonctionner en cycle marche-arrêt :

$$Fonc\_compr=2 \quad (2260)$$

Le volume du ballon est toujours celui saisi par l'utilisateur d'IdCET :

$$V_{tot}=V_{tot}^{IdCET} \quad (2261)$$

L'hystérésis de régulation du thermostat de la pompe à chaleur est égale à la valeur par défaut :

$$\delta\theta_{base}=2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

(2262)

9.23 PR2_IdCESI_ Saisie des chauffe-eau solaires individuels (Kit CESI)

9.23.1 INTRODUCTION

Dans la présente méthode Th-BCE, les chauffe-eau solaires individuels peuvent être décrits en renseignant de façon séparée les caractéristiques de la boucle solaire et celles du ballon.

Toutefois, pour pouvoir utiliser le même modèle lorsque l'on a un chauffe-eau solaire caractérisé dans son ensemble (norme NF EN 12976), la présente partie permet (par un préprocesseur dénommé outil IdCESI) de calculer les paramètres d'entrée du modèle à partir des caractéristiques du chauffe-eau.

Cette fiche précise donc la saisie dans Th-BCE, via l'utilisation de l'outil IdCESI, des paramètres de performances thermiques des chauffe-eau solaires individuels fournis en Kit (Kit CESI).

IdCESI est un outil permettant de déterminer les paramètres d'entrée de la méthode de calcul Th-BCE des CESI à partir des paramètres identifiés, caractéristiques des CESI, obtenus à l'aide d'essais effectués selon la norme NF EN 12976-2 et la méthode d'essai DST de la norme ISO 9459-5.

Les systèmes couverts sont les chauffe-eau solaires individuels à circulation forcée.

Autrement dit, IdCESI sert de passerelle entre les paramètres identifiés, caractéristiques des CESI, déterminés par essais selon la norme NF EN 12976-2 et la méthode d'essai DST de la norme ISO 9459-5 et les paramètres d'entrée du moteur de calcul Th-BCE.

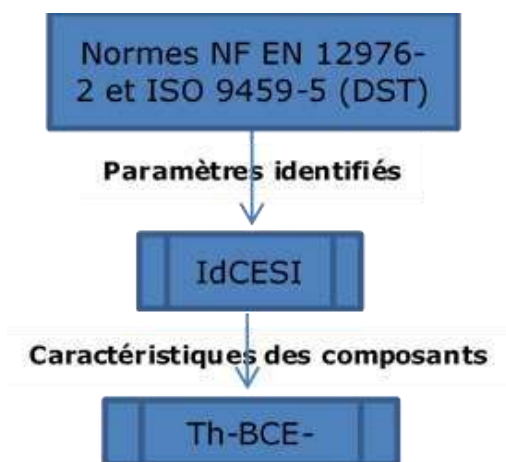


Figure 1

Figure 209 - principe de l'outil IdCESI

9.23.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 308 donne la nomenclature des différentes variables.

Entrées					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
A	Superficie de capteurs solaires (superficie d'entrée)	m ²	0	$+\infty$	-
V_{tot}	Volume du ballon	litres	0	$+\infty$	-
P_{np}	Puissance nominale de la pompe	W	0	$+\infty$	-
A_G^*	superficie de captage équivalente du chauffe-eau solaire	m ²	0	$+\infty$	-
U_G^*	coefficient de pertes de captage rapporté à la superficie équivalente de captage	W/(m ² .K)	0	$+\infty$	-
C_S	capacité de stockage du chauffe-eau solaire	MJ/K	0	$+\infty$	-
U_S	Coefficient de pertes de stockage du chauffe-eau solaire	W/K	0	$+\infty$	-
f_{aux}	fraction effective concernée par l'appoint	-	0	1	-
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
$type_{CES}$	Type de chauffe-eau solaire 0—Ballon base solaire et appoint intégré 1—Chauffe-eau solaire répondant aux exigences de la norme 12976	-	0	1	-
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
A	Superficie de capteurs solaires (superficie d'entrée)	m ²	0	$+\infty$	-
V_{tot}	Volume du ballon	litres	0	$+\infty$	-
V_{ap}	Volume du ballon concerné par le système d'appoint	litres	0	$+\infty$	-
η_0	Rendement optique d'un capteur solaire	-	0	1	-
a_1	Coefficient de pertes du premier ordre d'un capteur solaire	W/(m ² .K)	0	$+\infty$	-
a_2	Coefficient de pertes du deuxième ordre d'un capteur solaire	W/(m ² .K ²)	0	$+\infty$	-
$(UA)_{te}$	Coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle primaire vers l'extérieur	W/K	0	$+\infty$	-
$(UA)_{ti}$	Coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle primaire vers l'intérieur du bâtiment	W/K	0	$+\infty$	-
P_{np}	Puissance nominale de la pompe	W	0	$+\infty$	-
$\Delta\theta_{reg}$	Valeur de réglage de la régulation	K	0	$+\infty$	-

Tableau 308 : Nomenclature des différentes variables du préprocesseur

9.23.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

9.23.3.1 Modalités d'essais de caractérisation d'un chauffe-eau solaire individuel

Les méthodes d'essai normalisées des chauffe-eau solaires individuels, utilisées notamment dans le cadre de la certification des produits, proposent deux procédures permettant de déterminer leurs paramètres de performances thermiques. Les normes d'essai relatives à ces deux méthodes donnent respectivement le domaine d'application de chacune d'entre elles, à savoir :

- la caractérisation des produits assemblés à façon utilisent la norme NF EN 12977
- la caractérisation des produits préfabriqués en usine utilisent la norme NF EN 12976

Les résultats des essais menés sur des produits caractérisés selon la norme NF EN 12977 sont directement saisis dans la méthode Th-BCE.

Pour les produits caractérisés selon la norme NF EN 12976, l'outil IdCESI, dont l'utilisation est décrite ci-après, permet la saisie dans la méthode Th-BCE.

9.23.3.2 Utilisation de l'outil IdCESI

9.23.3.2.1 L'outil IDCesi

L'outil IdCESI est livré sous deux formats :

- un cœur de calcul sous licence d'utilisation gratuite (sans interface utilisateur) pour intégration dans les logiciels ;
- une interface WEB en libre accès - <http://www.dimn-cstb.fr/idcesi/>

9.23.3.2.2 Les entrées d'IdCESI

Quel que soit le format de l'outil IdCESI, les paramètres à saisir sont les mêmes. IdCESI demande à l'utilisateur de renseigner, à partir des résultats d'essai d'un CESI selon les normes NF EN 12976-2 et ISO 9459-5 et éventuellement des calculs d'extrapolation, les paramètres suivants :

- V_{tot} Volume total du ballon
- P_{np} Puissance nominale de la pompe
- A Surface des capteurs solaires (surface d'entrée)
- AC^* Surface de captage équivalente du chauffe-eau solaire
- UC^* Coefficient de pertes de captage rapporté à la surface équivalente de captage
- US Coefficient de pertes de stockage du chauffe-eau solaire
- $faux$ Fraction effective concernée par l'appoint

Dans le cas d'un chauffe-eau solaire caractérisé dans son ensemble et répondant aux exigences de la norme EN 12976 ($Type_{CES} = 1$), l'assemblage va être strictement identique au ballon base seule solaire avec appoint intégré mais avec les paramètres d'entrée suivants :

$$A = A \quad (226 \quad 3)$$

$$V_{tot} = V_{tot} \quad (226 \quad 4)$$

$$P_{np} = P_{np} \quad (226 \quad 5)$$

$\eta_0 = A_c \cdot (0,8 A)$	(226 6)
$a_1 = U_c \cdot \eta_0$	(226 7)
$a_2 = 0$	(226 8)
$(UA)_{te} = 0$	(226 9)
$(UA)_{ti} = 0$	(227 0)
$(UA)_S = U_S$	(227 1)
$V_{ap} = V_{tot} \cdot f_{aux}$	(227 2)
$\Delta\theta_{reg} = 2$	(227 3)

Les autres paramètres du modèle de chauffe-eau sont des valeurs conventionnelles ou les valeurs par défaut.

9.23.3.2.3 Les sorties d'IdCESI

L'outil IdCESI calcule les données d'entrée du moteur de calcul Th-BCE:

Composant Ballon de stockage

- V_{tot} *Volume total du ballon*
- f_{aux} *Fraction effective concernée par l'appoint*
- $(UA)_S$ *Coefficient de pertes du ballon de stockage W/K*

Composant Boucle solaire

- A *Superficie des capteurs solaires (superficie d'entrée)*
- P_{np} *Puissance nominale de la pompe*
- η_0 *Rendement optique d'un capteur solaire*
- a_1 *Coefficient de pertes du premier ordre d'un capteur solaire*
- a_2 *Coefficient de pertes du deuxième ordre d'un capteur solaire*
- $(UA)_{te}$ *Coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle primaire vers l'extérieur*
- $(UA)_{ti}$ *Coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle primaire vers l'intérieur du bâtiment*
- $K\theta$ *Facteur d'angle d'incidence*

L'outil IdCESI peut être vu comme un préprocesseur du moteur de calcul Th-BCE. A ce titre, les sorties de calcul d'IdCESI sont directement utilisées comme paramètres d'entrée de Th-BCE. Ce paragraphe explicite le lien entre les deux outils.

9.23.3.2.4 Paramètres d'entrée de Th-BCE calculés par IdCESI et statut de ces paramètres

IdCESI n'est pas un outil de certification, le statut des données de sorties d'IdCESI est conforme au statut de ses données d'entrée. Compte tenu du domaine d'application, limité aux Kit CESI certifiés, les valeurs utilisées en sortie d'IdCESI sont considérées comme certifiées quand cette option est définie dans la méthode Th-BCE

9.24 FA_Bâtiments non équipés de production d'eau chaude sanitaire

9.24.1 INTRODUCTION

Cette partie présente la méthode de prise en compte d'un système conventionnel de production d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments non équipés de production d'eau chaude sanitaire.

9.24.2 CHAMP D'APPLICATION

Cette fiche est applicable pour les usages tertiaires suivants :

- 3. Bureaux,
- 4. Enseignement primaire,
- 5. Enseignement secondaire,
- 6. Médiathèques et bibliothèques,
- 7. Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques,
- 17. Commerces,
- 22. Aéroports,
- 23. Industries ou artisanats 3x8h,
- 24. Industries ou artisanats 8h à 18h.

Cette fiche ne s'applique pas aux extensions.

9.24.3 PRISE EN COMPTE DANS LE CALCUL REGLEMENTAIRE

Pour ces bâtiments non équipés d'une production d'eau chaude sanitaire, la génération et l'émission en eau chaude sanitaire sont définies de manière conventionnelle :

9.24.3.1 Génération ECS

L'eau chaude sanitaire est produite par un ou plusieurs chauffe-eau électrique dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Nombre de chauffe-eau :
 - o Pour les bâtiments de moins de 750m² S_{REF}: 1 chauffe-eau, quel que soit le nombre d'étages
 - o Pour les bâtiments de plus de 750m² S_{REF} : 1 chauffe-eau par niveau et par tranche de 750m² à l'intérieur d'un niveau
- Capacité : 15L, pertes par défaut pour un chauffe-eau électrique vertical de volume inférieur à 75L ($Q_{pr}=0.1474+0.0719.V^{2/3}$)
- Température maximale du ballon : par défaut,
- Hystérésis du ballon : 5°C
- Hauteur de l'échangeur : 0.3
- Chauffage permanent du ballon

9.24.3.2 Emission ECS

Au niveau de l'émission, sont pris en compte :

- Des appareils sanitaires de type « douche »
- Les émetteurs en eau chaude sanitaire du projet (s'il y en a) ou des émetteurs de type « mitigeur mécanique économe » s'il n'y en a pas dans le projet

10. DEPLACEMENT DES OCCUPANTS À L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT

10.1 C_Bat_Ascenseurs

10.1.1 INTRODUCTION

La présente partie calcule la consommation électrique annuelle des ascenseurs (une unique cabine ou un ensemble de cabines) dans un bâtiment. Puis, un module de post-traitement en dérive le profil horaire de consommation électrique pour chaque cabine d'ascenseur.

La méthode est structurée autour de :

- une description technologique de chaque cabine d'ascenseur qui comprend la description du scénario de mise en veille. Il peut y avoir plusieurs cabines dans le bâtiment ;
- une estimation du nombre de voyages par an pour tout le bâtiment (le bâtiment peut être multizone) ;
- une estimation du nombre de voyages par an et par cabine ;
- une modélisation de l'usage moyen annuel en termes de nombre de démarrages et de courses moyennes ;
- un calcul de la consommation électrique totale annuelle par cabine, découpé en une phase de mobilité et une phase d'immobilité ;
- une distribution de la consommation électrique annuelle en consommations horaires à l'aide de l'introduction d'une caractéristique de mobilité par zone et reprenant les formats de description des scénarios d'usage de la méthode Th-BCE.

Plus précisément pour chaque ascenseur présent dans le bâtiment, l'utilisateur renseigne :

- TechMac : typologie d'ascenseur (quatre technologies sont disponibles dont une technologie par défaut (« Autre ») ;
- Q : la masse utile de la cabine, au sens de EN81-1 ;
- V : la vitesse nominale, au sens de EN81-1 ;
- H : la course de la machine qui peut le cas échéant inclure un ou plusieurs sous-sols ;
- netage : le nombre d'étages desservis. Si la cabine dessert un R+4 sans niveau de sous-sol netage = 4 ; si la cabine dessert en R+4 avec un niveau de sous-sol netage = 5 ;
- Cp : l'équilibrage de la machine (caractérisant la masse du contrepoids) dont une valeur par défaut est disponible ;
- ScVeille : Scénarisation de la mise en veille de la cabine, par défaut cette veille n'existe pas ;
- C : la connectivité des cabines avec chaque zone du bâtiment (c'est-à-dire, si la cabine dessert ou pas les zones).

La méthode calcule les sorties suivantes :

- la consommation électrique annuelle en énergie finale pour chaque cabine ainsi que sa décomposition en deux postes de consommation : mobilité et immobilité ;
- la puissance active moyenne horaire par cabine et par zone ;
- le nombre estimé de démarrages par an ;
- la durée en moyenne par jour de mobilité.

Elle ne prend pas en compte les consommations (aéraulique et éclairage) associées au conduit ;

10.1.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant					
C_EIN_ Scénarios conventionnels	Nom	Description	Unité		
	Usage _z	Type d'usage de la zone n°z	-		
	N ^l occ_nom	Densité du local n°l	-		
	Nadeq	Nombre d'adulte équivalent (typologie logement)	-		
	Rat ^l _{loc}	Ratio de surface utile du local l/surface utile de la zone	-		
	p ^a _{occ}	Indicateur d'occupation de la zone par mois semaine	-		
	p ^s _{occ}	Indicateur d'occupation de la zone par semaine heure	-		
	t ^a _{occ}	Facteur correctif du taux d'occupation du local par mois semaine	-		
	t ^s _{occ}	Facteur correctif du taux d'occupation du local par jour heure	-		
Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composante scalaire) décrivant la mobilité des cabines induite par la zone k				
Az	Surface de la zone n°z du bâtiment	m ²			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Con v
TechMac	Type de technologie : 0 -> « Traction avec réduction » 1 -> « Traction sans réduction » 2 -> « Hydraulique » 3 -> « Autre »	-	0	3	
Q	Charge utile de la cabine	kg	75	+ ∞	
V	Vitesse nominale de la cabine	m/s	0	2,5	
Cp	Équilibrage de la cabine Si TechMac = 2 -> « Hydraulique » Alors Cp = -1,2	-	-1,2	0,5	
ScVeille	Le scénario de mise en veille est connu (0 -> non ou 1 -> oui)	-	0	1	
Pti	Puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile) telle que mesurée après la fermeture des portes	W	0	+ ∞	
dP1	Premier décrément de la puissance totale alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	0	+ ∞	
T1	Durée avant premier décrément de la puissance de veille à partir de la fermeture des portes	s	0	+ ∞	

dP2	Second décrétement de la puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	0	$+\infty$
T2	Durée avant second décrétement de la puissance de veille à partir du premier décrétement de puissance de veille	s	0	$+\infty$

Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Con v
H	Course de l'ascenseur	m ²	0	$+\infty$	
netage	Nombre d'étages desservis par l'ascenseur (ne compte pas le point bas, c'est-à-dire si R+4 sans sous-sol alors netage = 4 ; si R+4 avec sous-sol alors netage = 5)	-	2	$+\infty$	
C	Listes des zones desservies par l'ascenseur	-	1	$+\infty$	

Variables internes

Nom	Description	Unité
Ndem	Nombre de démarrages par an de la cabine d'ascenseur	-
a	Accélération moyenne en phase de démarrage et de freinage pour la cabine d'ascenseur	m/s ²
Ch	Coefficient de hauteur pour la cabine d'ascenseur	-
rg	Rendement global pour la chaîne de traction de la cabine d'ascenseur	-
P	Masse à vide de la cabine (au sens de EN81-1) d'ascenseur	kg
G	Masse du contrepoids (au sens de EN81-1) pour l'ascenseur	kg
Mi	Masse d'inertie équivalente pour la cabine d'ascenseur	kg
Tmob	Durée de la mobilité dans l'année pour la cabine d'ascenseur	s
Timmob_n	Durée d'immobilité pendant la nuit pour la cabine d'ascenseur	s
Timmob_j	Durée d'immobilité pendant le jour pour la cabine d'ascenseur	s
X	Charge transportée par la cabine d'ascenseur par rapport à la charge nominale Q de la cabine d'ascenseur (si X = 0 -> cabine vide, si X = 1 -> cabine transportant sa capacité nominale Q)	-
Q	Masse utile affectée à la zone du bâtiment	kg
NB	Nombre de personnes maximum dans la zone	.
BV	Besoin de voyages par personne par an pour la zone	./p/an

BVNB	Besoin de voyages annuel du bâtiment affecté à la cabine d'ascenseur	/an
F(X)	Masse de la cabine de l'ascenseur avec une charge transportée X	kg
direction	Direction du voyage de la cabine d'ascenseur (direction = « haut » si la cabine d'ascenseur monte, direction = « bas » si la cabine descend)	-
U	Tableau (vecteur de 365 x 24 composantes scalaires) décrivant la mobilité de la cabine d'ascenseur	-
Fmob	Indicatrice horaire de mobilité de la cabine d'ascenseur (vecteur de 365 X 24 composantes scalaires)	-
Fimob	Indicatrice horaire d'immobilité de la cabine d'ascenseur (vecteur de 365 X 24 composantes scalaires)	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Eti	Consommation annuelle totale en immobilité	Wh
Etm	Consommation annuelle totale en mobilité	Wh
Etot	Consommation annuelle totale	Wh
$W_{ef\_ascenseurs}^z$ (h)	Consommation électrique horaire en énergie finale des ascenseurs de la zone n°z	Wh
Emoy	Consommation annuelle consommée par la chaîne de traction de l'ascenseur pendant la phase de mobilité	Wh
Tmobh	Durée moyenne (base annuelle) de déplacement par jour de l'ascenseur	h
NDem	Nombre estimé de démarrages annuel de l'ascenseur	-
Pcab	Consommation électrique horaire (vecteur de 24x365 valeurs) de la cabine d'ascenseur	W

Constantes

Nom	Description	Unité	Con v.
g	Accélération terrestre	m ² /s	9,81
Eporte	Consommation forfaitaire d'un cycle ouverte/fermeture d'une porte	J	1188
deco	Coefficient multiplicateur de la charge utile pour obtenir la masse réelle de la cabine	.	1,2
Tempec	Temporisation de la veille de l'éclairage cabine	s	13
Mpass	Masse conventionnelle d'un passager	kg	120

Pveilleporte	Puissance de veille de l'opérateur de porte	W	75
Cf	Coefficient de frottement	m/s ²	0,45
Cor_Ch	Facteur multiplicatif du coefficient de hauteur	-	1,1
Cor_Emobcab	Facteur multiplicatif de l'énergie de mobilité de la cabine	-	0,9
Bv(k)	Besoin de voyage par personne par an fonction de la typologie d'usage du bâtiment repérée par l'indice k.	/an/p	
Rg(TechMac)	Tableau de rendement global des ascenseurs en fonction des typologies repéré par TechMac	.	
Ac(V)	Tableau des accélérations au freinage et au démarrage des cabines en fonction de la vitesse nominale V	m2/s	
Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composante scalaire) décrivant la mobilité des cabines induite par la zone k		
Cp(TechMac)	Tableau des coefficients d'équilibrage des cabines en fonction de la typologie repérée par TecMac		
Pec(Q)	Tableau des puissances d'éclairage installée dans les cabines en fonction de la charge utile Q.		
Pman(etat)	Puissance appelée par la manœuvre en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)		
Pboutonpal(etat)	Puissance appelée par un bouton de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)		
Pindpal(etat)	Puissance appelée par un indicateur de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)		
Pindcab(etat)	Puissance appelée par les boutons et l'indicateur de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)		
Pfrein(etat)	Puissance appelée par le frein en fonction de l'état la cabine (mobile/immobile)		
Palarm(etat)	Puissance appelée par l'alarme et la télésurveillance en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)		
S(direction,X)	Spectre de charge fonction de la charge X et de la direction (haut/bas).		

Tableau 309 : Nomenclature des différentes variables du modèle

10.1.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

10.1.3.1 Généralités

La description est séquentielle.

Pour toute la suite z est un indice repérant toutes les zones, au sens de Th-BCE, existant dans le bâtiment.

Pour toute la suite i est un indice repérant toutes les cabines d'ascenseurs présentes dans le bâtiment.

Le plan de la description mathématique du modèle est le suivant :

- Tout d'abord les constantes (tableaux et scalaires) propres à la méthode sont définies au §10.1.3.2,
- On introduit ensuite les valeurs par défaut des paramètres intrinsèques au §10.1.3.3,
- On applique ensuite une étape de calcul des variables intermédiaires en §10.1.3.4, puis des sorties annuelles en §10.1.3.5,
- Enfin, on calcule les sorties au pas horaire pour chaque cabine et chaque zone en §10.1.3.6.

10.1.3.2 Définition des constantes du module

Cette partie introduit l'ensemble des constantes et hypothèses de calcul des consommations des ascenseurs. Ces constantes sont applicables à toutes les cabines :

- Accélération terrestre, $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$;
- Énergie d'une ouverture fermeture de porte, $E_{\text{porte}} = 1188 \text{ [J]}$;
- Ratio de masse pour la décoration, $\text{deco} = 1,2 \text{ [-]}$;
- Temporisation de l'éclairage de cabine, $\text{Tempec} = 120 \text{ [s]}$;
- Masse conventionnelle d'un passager, $M_{\text{pass}} = 75 \text{ [kg]}$;
- Puissance de veille de l'opérateur de porte, $P_{\text{veilleporte}} = 13 \text{ [W]}$;
- Coefficient de frottement, $C_f = 0,45 \text{ [m/s}^2\text{]}$;
- Facteur multiplicatif du coefficient de hauteur, $\text{Cor\_Ch} = 1,1 \text{ [-]}$;
- Facteur multiplicatif de l'énergie de mobilité, $\text{Cor\_Emobcab} = 0,9 \text{ [-]}$.

Besoin de voyages par an, par personne et par usage de bâtiment B_v

$B_v(k)$ est un tableau définit explicitement ci-dessous dans la **troisième** colonne, où k repère la typologie d'usage au sens de Th-BCE (chapitre 2.2.1.3 de la méthode Th-BCE), laquelle est explicitée dans la **deuxième** colonne.

N° d'usage	Type d'usage associé	$B_v(k)$
2	Logements collectifs	1582,4
3	Bureaux	1731,9
4	Enseignement primaire	804
5	Enseignement secondaire	1206
6	Médiathèques et bibliothèques	1608

7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	1608
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	2920
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	2920
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	2920
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	2920
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	924
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	2190
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	510
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	1460
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	1248
17	Commerces	4158
18	Vestiaires seuls	402
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	2190
20	Etablissements de santé (partie nuit)	4380
21	Etablissements de santé (partie jour)	2920
22	Aérogares	7665
23	Industries ou artisanats 3x8h	2190
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	1040
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	2680
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	402
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	1206
28	Etablissements sportifs privés	2680

Tableau 310 : Besoin de voyages Bv par an, par personne et par usage de bâtiment en fonction de l'usage de la zone

Rendement global R_g des chaînes de traction des cabines

$R_g(\text{TechMac})$ est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque TechMac (la typologie de l'ascenseur) qui peut prendre quatre valeurs possibles : 0 -> « Traction avec réduction », 1 -> « Traction sans réduction », 2 -> « Hydraulique » ou 3 -> « Autre ».

Typologie de l'ascenseur, TechMac	Traction avec réduction	Traction sans réduction	Hydraulique	Autre
Rendement global, $R_g(\text{TechMac})$	0,6	0,8	0,29	0,6

Tableau 311 : Rendement global R_g des chaînes de traction des cabines en fonction de la typologie d'ascenseur TechMac

Accélération A_c des cabines

$A_c(V)$ est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque V pouvant être compris dans trois gammes de vitesse nominale.

	Vitesse nominale, V [m/s]	$V \in [0,1]$	$V \in]1,2]$	$V \in]2,2,5]$
Accélération, $A_c(V)$ [m/s ²]	Électrique	0,5	0,8	1,2
	Hydraulique	0,5	0,8	1,2

Tableau 312 : Accélération A_c des cabines en fonction de la vitesse nominale V

Coefficient d'inertie α des cabines

$\alpha(\text{TechMac})$ est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque TechMac (la typologie de l'ascenseur) peut prendre quatre valeurs possibles : 0 -> « Traction avec réduction », 1 -> « Traction sans réduction », 2 -> « Hydraulique » ou 3 -> « Autre ».

Typologie de l'ascenseur, TechMac	Traction avec réduction	Traction sans réduction	Hydraulique	Autre
Coefficient d'inertie, $\alpha(\text{TechMac})$	6	0	0	6

Tableau 313 : Coefficient d'inertie α des cabines en fonction de la typologie d'ascenseur TechMac

Coefficient d'équilibrage C_p des cabines

$C_p(\text{TechMac})$ est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque TechMac qui peut prendre quatre valeurs possibles : 0 -> « Traction avec réduction », 1 -> « Traction sans réduction », 2 -> « Hydraulique » ou 3 -> « Autre ».

Typologie de l'ascenseur, TechMac	Traction avec réduction	Traction sans réduction	Hydraulique	Autre
Coefficient d'équilibrage, $C_p(\text{TechMac})$	0,5	0,5	-1,2	0,5

Tableau 314 : Coefficient d'équilibrage C_p des cabines en fonction de la typologie d'ascenseur TechMac

Note : si TechMac = 2 -> « Hydraulique », $C_p(\text{TechMac}) = -1,2$ devient une valeur obligatoire (non demandée à l'utilisateur).

Puissance d'éclairage de cabine Pec par défaut

La valeur de $P_{ec}(Q)$ est obtenue dans le tableau à une dimension ci-dessous en fonction de la charge utile Q (paramètre intrinsèque) :

Charge utile, Q [kg]	Puissance d'éclairage [W]
De 75 à 630 kg (inclus)	140
De 630 (exclu) à 1275 kg (inclus)	210
Plus de 1275 kg (exclu)	280

Tableau 315 : Puissance par défaut d'éclairage de cabine Pec en fonction de la charge utile Q

Puissance par défaut appelée par les auxiliaires

La valeur par défaut de P_{ti} , puissance électrique absorbée par les auxiliaires au cours des périodes d'immobilité, P_{ti} est définie à partir de la somme des composantes ci-dessous :

	Pour un ascenseur immobile
Manœuvre: P_{man} (W)	75
Un bouton de palier : $P_{boutonpal}$ (W)	0
Un indicateur de palier : P_{indpal} (W)	2
Boutons et indicateur de palier en cabine : P_{indcab} (W)	5
Frein de cabine : P_{frein} (W)	0
Alarme et télésurveillance : P_{alarm} (W)	10

Tableau 316 : puissance par défaut des auxiliaires de cabine en période d'immobilité

Tableau Uk de mobilité des cabines par type de zone k

Le tableau est obtenu via les éléments fournis dans la fiche dédiée aux scénarii conventionnels

Spectre de charges S des cabines

$S(\text{direction}, X)$ est une fonction, défini explicitement par le tableau à deux dimensions ci-dessous, de deux variables internes :

- direction est une variable discrète à deux valeurs possibles : « haut » et « bas » ;
- X est une variable discrète à 5 valeurs possibles : {0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1}.

Note : X représente le ratio de la charge embarquée sur la charge nominale.

	X	$S(\text{direction}, X)$
Direction = bas	1	0
	0,75	0,1
	0,5	0,1
	0,25	0,3
	0	0,5
Direction = haut	1	0
	0,75	0,1
	0,5	0,1

	0,25	0,3
	0	0,5

Tableau 317 : Spectre de charges S des cabines

10.1.3.3 Définition des valeurs par défaut des paramètres intrinsèques

Les paramètres intrinsèques Q, V, TechMax et Cp ne peuvent pas être définis par défaut.

Les paramètres Pt_i^i , $dP1^i$, $T1^i$, $dP2^i$ et $T2^i$ peuvent par contre être définis par défaut dans les conditions suivantes :

-si Pt_i^i n'est pas connu, ces cinq paramètres sont définis par défaut ;

-si $dP1^i$ ou $T1^i$ n'est pas connu, $dP1^i$, $T1^i$, $dP2^i$ et $T2^i$ sont définis par défaut ;

-si $dP2^i$ ou $T2^i$ n'est pas connu, $dP2^i$ et $T2^i$ sont définis par défaut.

Les valeurs par défaut adoptées sont alors les suivantes :

Valeur par défaut Pt_i

$$Pt_i^i = P_{man}(immobile) + (\text{netage} + 1) \cdot [P_{boutonpal}(immobile) + P_{indpal}(immobile)] + P_{frein}(immobile) + P_{veilleporte} + P_{incab}(immobile) + P_{ec}(Q_i) + P_{alarm}(immobile) \quad (2274)$$

Valeur par défaut de $dP1$

$$dP1^i = 0 \text{ W} \quad (2275)$$

Note: cette valeur signifie qu'il n'y a pas de décrétement de puissance quand la cabine est à l'arrêt.

Valeur par défaut $T1$

$$T1^i = 86\,400 \text{ s} \quad (2276)$$

Valeur par défaut $dP2$

$$dP2^i = 0 \text{ W} \quad (2277)$$

Note : cette valeur signifie qu'il n'y a pas de deuxième décrétement de puissance quand la cabine est à l'arrêt

Valeur par défaut $T2$

$$T2^i = 86\,400 \text{ s} \quad (2278)$$

10.1.3.4 Calcul des variables intermédiaires par cabine

Le présent paragraphe décrit le calcul de toutes les variables intermédiaires nécessaires au calcul de la consommation d'une cabine d'ascenseur d'indice i.

Nombre de démarrages annuels, N_{dem}^i , pour la cabine n°i

Etape 1

Pour toutes les zones n°z du bâtiment :

- calcul de la masse utile Q_z affectée à la zone n°z :

$$Q_z = \sum_i Q^i \cdot C(i, z) \quad (2279)$$

- calcul du nombre de personnes NB_z , dans la zone n°z :

$$NB_z = \text{Max}_{\text{année}}(\sum_{l=1}^{\text{nb locaux dans zone } Z} N_{occ}^l) \quad (2280)$$

avec N_{occ}^l nombre d'occupants conventionnels calculé dans le chapitre C_EIN_Scénarios conventionnels.

- calcul de BV_z , besoin de voyage par personne et annuel pour la zone n°z :

$$BV_z = BV(k) \quad (2281)$$

avec k la typologie d'usage de la zone n°z.

Fin de la boucle portant sur les zones du bâtiment.

Etape 2

Pour toutes les cabines n°i du bâtiment :

- calcul de $BVNB^i$, besoin de voyage annuel affecté à l'ascenseur n°i :

$$BVNB^i = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} BV_z \cdot NB_z \quad (2282)$$

Note : la sommation porte sur toutes les zones n°z du bâtiment.

- calcul du nombre de démarrages annuel $Ndem^i$ associé à la cabine n°i :

$$Ndem^i = \frac{BVNB^i \cdot M_{pass}}{Q^i \cdot 0,2} \quad (2283)$$

$$\sum_{\text{direction}, X} X \cdot S(\text{direction}, X) = 0,2 \quad (2284)$$

Accélération a^i de la cabine n° i

$$a^i = Ac(V^i) \quad (2285)$$

Coefficient de hauteur Ch^i de la cabine n°i

$$Ch^i = \frac{\text{netage}^i + 1}{\text{netage}^i + 2} \cdot \text{Cor\_ch} \quad (2286)$$

Le facteur multiplicatif empirique Cor_Ch est une constante fixée à 1,1.

Rendement global de la cabine n°i

$$rg^i = rg(\text{TechMac}^i) \quad (2287)$$

Masse à vide P^i de la cabine n°i

$$P^i = \text{deco } Q^i \quad (2288)$$

Masse G^i du contrepoids de la cabine n°i

$$G^i = P^i + Cp^i \cdot Q^i \quad (2289)$$

Masse d'inertie Mi^i associée à la cabine n°i

$$Mi^i = \alpha(\text{TechMac}^i) \cdot (G^i + P^i) \quad (2290)$$

Durée $Tmob^i$ de mobilité annuelle et durée de mobilité en moyenne par jour $Tmobh^i$ de la cabine n°i

$$Tmob^i = \left(\frac{Ch^i \cdot H^i}{V^i} + \frac{V^i}{a^i} \right) \cdot Ndem^i \quad (2291)$$

Et la durée de mobilité en moyenne par jour en heure :

$$Tmobh^i = \frac{Tmob^i}{365 \times 3600} \quad (2292)$$

Durée Timmobⁱ d'immobilité annuelle de la cabine n°i (en secondes)

$$Timmob^i = 24 \cdot 365 \cdot 3600 - Tmob^i \quad (2293)$$

Durée Timmob_jⁱ et Timmob_nⁱ d'immobilité annuelle de jour et de nuit de la cabine n°i (en secondes)

Pour les zones de typologie n°z = habitation, la constante Timmob_n est définie comme suit :

$$Timmob_{n_z = habitation} = 8 \cdot 365 \cdot 3600 \quad (2294)$$

Pour toutes les zones n°z qui ne sont pas des zones d'habitation :

$$Timmob_{n_z = pas\ habitation} = (12 \cdot 365 + 52 \cdot 48 + 9 \cdot 24) \cdot 3600 \quad (2295)$$

Pour les ascenseurs desservants un ensemble de zones, la durée d'immobilité moyenne durant la nuit Timmob_nⁱ est calculée comme suit :

$$Timmob_{n^i} = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} \cdot Timmob_{n_z} \quad (2296)$$

Et dans tous les cas, la durée d'immobilité moyenne durant la journée Timmob_jⁱ est ainsi calculée :

$$Timmob_{j^i} = \max[0, Timmob^i - Timmob_{n^i}] \quad (2297)$$

Calcul de l'énergie associée à la motorisation seulement pour la cabine n°i

On définit une fonction masse totale en charge de la cabine de l'ascenseur n°i, Fⁱ(X) (masse de la cabine vide Pⁱ plus masse de la charge Qⁱ) :

$$F^i(X) = P^i + X \cdot Q^i \quad (2298)$$

où X est une variable booléenne (0 -> cabine à vide et 1 -> cabine chargée).

On définit deux fonctions ci-dessous :

Note : pour la clarté de l'exposé, l'indice supérieur haut i repérant le numéro de l'ascenseur est omis exceptionnellement dans les deux relations.

- l'énergie pour un trajet descendant de distance totale Z avec la charge transportée X dans la cabine :

$$\begin{aligned} Emoybas(X, Z) = & \max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right. \\ & + \max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) + (G - F(X)) \cdot g \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) \right] \\ & \left. + \max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \right] \quad (2299) \end{aligned}$$

- l'énergie pour un trajet montant de distance totale Z avec la charge X dans la cabine :

$$\begin{aligned} \text{Emoyhaut}(X, Z) = & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V}{i}; \right. \\ & + \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) - (G - F(X)) \cdot g \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) \right] \\ & \left. + \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V}{2} \right] \right] \end{aligned} \quad (2300)$$

Ces deux fonctions permettent le calcul de Emoyⁱ (pour le trajet aller-retour moyen annuel résultant d'un usage suivant le spectre de charge S) ci-dessous :

$$\begin{aligned} \text{Emoy}^i &= \frac{\sum_{X=0,0.25,0.50,0.75,1.0} [S(\text{haut}, X) \cdot \text{Emoyhaut}^i(X, Ch^i \cdot H^i) + S(\text{bas}, X) \cdot \text{Emoybas}^i(X, Ch^i \cdot H^i)]}{rg^i} \end{aligned} \quad (2301)$$

10.1.3.5 Calcul des sorties annuelles de la cabine n°i

On calcule Etm^i , consommation annuelle totale en période de mobilité de la cabine (en Wh). Etm est la somme des consommations associées à la motorisation de la cabine, à l'actionnement des portes et aux auxiliaires. Pour ces derniers, on ajoute un terme correspondant à une puissance absorbée Pti^i pendant $Tmob^i$ secondes. Le facteur $Cor\_Emobcab$ est une constante fixée à 0,9 :

$$Etm^i = \frac{(\text{Emoy}^i \cdot Cor\_Emobcab \cdot Ndem^i / 2 + Eporte \cdot Ndem^i + Pti^i \cdot Tmob^i)}{3600} \quad (2302)$$

On calcule ensuite Eti^i , consommation annuelle totale en période d'immobilité de la cabine (en Wh), à partir de la relation suivante :

$$\begin{aligned} Eti^i = & dP1^i \cdot \text{MIN} \left[1, \frac{T1^i}{\frac{Timmob\_j^i}{Ndem^i}} \right] / 3600 + dP2^i \cdot \text{MIN} \left[1, \frac{T1^i + T2^i}{\frac{Timmob\_j^i}{Ndem^i}} \right] / 3600 \\ & + (Pti^i - dP1^i - dP2^i) \cdot Timmob\_j^i / 3600 \\ & + dP1^i \cdot \text{MIN} \left[1, \frac{T1^i}{\frac{Timmob\_n^i}{365}} \right] / 3600 + dP2^i \cdot \text{MIN} \left[1, \frac{T1^i + T2^i}{\frac{Timmob\_n^i}{365}} \right] / 3600 \\ & + (Pti^i - dP1^i - dP2^i) \cdot Timmob\_n^i / 3600 \end{aligned} \quad (2303)$$

La consommation annuelle totale de la cabine est la somme des consommations en période de mobilité et d'immobilité :

$$Etot^i = Etm^i + Eti^i \quad (2304)$$

10.1.3.6 Calcul des sorties horaires la cabine n°i

Calcul du profil de mobilité horaire affectée à l'ascenseur n°i

Le profil horaire de mobilité U^i de la cabine d'ascenseur n°i est défini comme suit :

$$U^i = \left(\sum_{z=1}^{nb \text{ de zone } Z} C(i, z) \cdot \frac{Q_i}{Q_z} \cdot U_z \right) \quad (2305)$$

Calcul de la fonction de distribution temporelle de l'énergie en phase de mobilité de la cabine n°i

Le calcul requiert quelques étapes intermédiaires.

Pour chaque cabine d'ascenseur n°i, l'indicatrice horaire de mobilité, F_{mob}^i , est définie (normalisation) pour chaque pas de temps horaire h dans l'année comme suit :

$$F_{mob}^i(h) = \frac{U^i(h)}{\sum_t U^i(h)} \quad (2306)$$

L'indicatrice horaire d'immobilité est définie pour chaque pas de temps horaire h comme suit :

$$F_{imob}^i(h) = \frac{\frac{1}{365 \cdot T_{mobh}} - F_{mob}^i(h)}{\frac{1}{T_{mobh}} - 1} \quad (2307)$$

Calcul de la puissance active horaire de l'ascenseur n°i

La puissance active horaire de l'ascenseur n°i vaut :

$$P_{cab}^i(h) = F_{imob}^i(h) \cdot E_{ti}^i + F_{mob}^i(h) \cdot E_{tm}^i \quad (2308)$$

Calcul de la puissance active horaire des cabines affectées à chaque zone n°z

Pour chaque zone n°z dans le bâtiment, connectée à chaque cabine n°i à travers la matrice $C(i, z)$, le profil horaire conventionnel de consommation électrique est défini comme suit :

$$P_{cab_z}(h) = \left(\sum_{\text{toutes les cabines } i} P_{cab}^i(h) \frac{C(i, z) \cdot Q_z}{\sum_{\text{toutes les zones } j} C(i, j) \cdot Q_j} \right) \quad (2309)$$

Note sur le ratio du côté droit de l'équation :

- le numérateur représente le potentiel de masse utile Q_z de la zone n°z si l'ascenseur n°i dessert cette zone (égal à zéro autrement) ;
- le dénominateur représente la somme des potentiels de masse utiles pour laquelle la cabine n°i est contributive.

Enfin, on calcule la consommation en énergie finale à chaque pas de temps h :

$$W_{ef\_ascenseurs}^z(h) = P_{cab_z}(h) \cdot 1h \quad (2310)$$

10.2 C_Bat_Escalators

10.2.1

INTRODUCTION

Ce document décrit les principes d'une modélisation en énergie annuelle et en puissance au pas horaire d'un ensemble d'escalators dans un bâtiment.

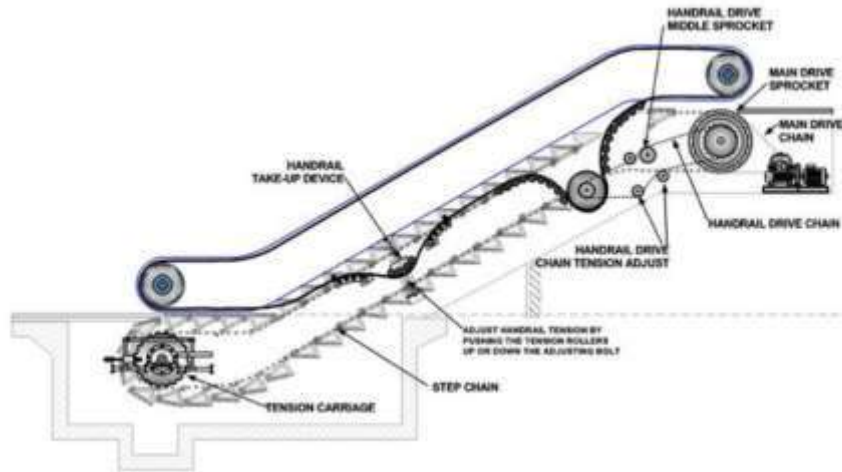


Figure 210 : Schéma d'un escalator (escalier mécanique)

La méthode est structurée autour de :

- une description technologique de chaque escalator qui comprend la description du scénario de mise en veille. Il peut y avoir plusieurs escalators dans le bâtiment ;
- une estimation du nombre de voyages par an pour tout le bâtiment (le bâtiment peut être multizone) ;
- une estimation du nombre de voyages par an et par escalator ;
- un calcul de la consommation électrique totale annuelle par escalator, découpé en une phase à charge nulle et une phase à charge non nulle immobile montante et descendante
- une distribution de la consommation électrique annuelle en consommations horaires à l'aide de l'introduction d'une caractéristique de mobilité par zone et reprenant les formats de description des scénarios d'usage de la méthode Th-BCE.

La méthode calcule les sorties suivantes :

- La puissance électrique active totale en moyenne sur une heure absorbée par un escalator
- La puissance horaire de la demande électrique pour chaque zone desservie par les escalators du bâtiment

Cette puissance comprend :

- l'ensemble des forces de frottement mécaniques de la partie rendue disponible au public (marches et rampes mobiles),
- l'ensemble des forces de frottement mécanique des organes de transmission assurant la mobilité des marches et des rampes depuis le bloc de motorisation,
- l'ensemble des dissipations électromagnétique dans le/les moteur(s) électrique(s),
- Le travail électrique de la chaîne de traction qui compense en plus de tous les frottements ci-dessus, le travail des forces de gravitation en assurant les déplacements des occupants à une vitesse nominale.
- les consommations électriques du(des) contrôleur(s) et de tous les auxiliaires (les capteurs de trafic, l'alimentation du moteur, l'éclairage, l'affichage etc...).

10.2.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant						
C_EIN_ Scénarios conventionnels	Nom	Description	Unité			
	Usage _z	Type d'usage de la zone n°z	-			
	N ^l occ_nom	Densité du local n°l	-			
	Nadeq	Nombre d'adulte équivalent (typologie logement)	-			
	Rat ^l _{loc}	Ratio de surface utile du local l/surface utile de la zone	-			
	p ^a _{occ}	Indicateur d'occupation de la zone par mois semaine	-			
	p ^s _{occ}	Indicateur d'occupation de la zone par semaine heure	-			
	t ^a _{occ}	Facteur correctif du taux d'occupation du local par mois semaine	-			
	t ^s _{occ}	Facteur correctif du taux d'occupation du local par jour heure	-			
	Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composante scalaire) décrivant la mobilité des cabines induite par la zone k				
Az	Surface de la zone n°z du bâtiment	m ²				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
Vnom	Vitesse nominale de l'escalator	m/s	0	2,5		
ScVeille	Le scénario de mise en veille est connu (0 -> non ou 1 -> oui)	-	0	1		
Slowspeed	Indicateur de présence d'une régulation basse vitesse : 0 -> Non 1 -> Oui	-	0	1		
Pstandby	Puissance en mode arrêt complet. Les escaliers sont à l'arrêt. La machine se réactive sur commande d'un personnel autorisé. Cette puissance est mesurable par exemple suivant ISO 25745-1. (Cette puissance est la somme des composantes : escalator Power et Ancillary power au sens de ISO 25745-1). <i>Cet état est un état possible pendant les heures de fermeture</i>	W	0	+ ∞	88	
Pautostart	Puissance en mode arrêt sans passager. Les escaliers sont à l'arrêt. La machine se réactive seule sur détection de passagers. Cette puissance est mesurable par exemple suivant ISO 25745-1(cette puissance est la somme des composantes : escalator Power et Ancillary power au sens de ISO 25745-1). Par rapport au cas précédent cette puissance est plus élevée. <i>Cet état est un état possible durant les heures de fermeture.</i>	W	0	+ ∞	88	

Pslowspeed	Puissance en mode à vitesse réduite (sans passager). Les escaliers sont à vitesse réduite. La machine se réactive à sa vitesse nominale sur détection de trafic ou bien sur programmation. Cette puissance est mesurable par exemple suivant ISO 25745-1. (Cette puissance est la somme des composantes : escalator Power et Ancillary power au sens de ISO 25745-1). <i>Cet état est un état possible pendant les heures d'ouverture.</i>	W	0	$+\infty$	
Pnoload_m	Puissance à vitesse nominale à vide c'est-à-dire sans aucune charge utile en montée. Les escaliers sont déplacés à vitesse nominale. Cette puissance est mesurable par exemple suivant ISO 25745-1. (Somme escalator Power et Ancillary power au sens de ISO 25745-1). <i>Cet état est un état par défaut pendant les heures d'ouverture du bâtiment si la machine ne présente pas de fonctionnalité basse vitesse.</i>	W	0	$+\infty$	
Pnoload_d	Puissance à vitesse nominale à vide c'est-à-dire sans aucune charge utile en descente. Les escaliers sont déplacés à vitesse nominale. Cette puissance est mesurable par exemple suivant ISO 25745-1. (Somme escalator Power et Ancillary power au sens de ISO 25745-1). <i>Cet état est un état par défaut pendant les heures d'ouverture du bâtiment si la machine ne présente pas de fonctionnalité basse vitesse.</i>	W	0	$+\infty$	
Poff_m	les puissances cumulées à l'arrêt de tous les escalators assurant la montée pendant les périodes de fermeture au public du bâtiment	W	0	$+\infty$	Pnoload_m
Poff_d	les puissances cumulées à l'arrêt de tous les escalators assurant la descente pendant les périodes de fermeture au public du bâtiment	W	0	$+\infty$	Pnoload_d

Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
H_d	Hauteur de déplacement pour les machines assurant la montée	m	0	$+\infty$	
H_m	Hauteur de déplacement pour les machines assurant la descente	m	0	$+\infty$	
θ	Pente par rapport à l'horizontale de la machine	°	0	90	
netage	Nombre d'étages desservis par l'escalator	-	2	$+\infty$	
C	Listes des zones desservies par l'escalator	-	1	$+\infty$	

Variables internes

Nom	Description	Unité
P	Masse à vide de l'escalator	kg
M	Masse utile affectée à la zone du bâtiment	kg
M_h	Masse utile à transporter sur un pas de temps horaire	kg
NB	Nombre de personnes maximum dans la zone	.

BV	Besoin de voyages par personne par an pour la zone	/p/an
BVNB	Besoin de voyages annuel du bâtiment affecté à l'escalator	/an
T(h)	Répartition horaire du trafic allouée aux escalators	-
direction	Direction du voyage de l'escalator (direction = « haut » si l'escalator monte, direction = « bas » si l'escalator descend)	-
U	Tableau (vecteur de 365 x 24 composantes scalaires) décrivant la mobilité de l'escalator	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$C_{ef\_escalators}^z(h)$	Consommation électrique horaire en énergie finale des escalators de la zone n°z	Wh
Pesc(h)	Demande électrique horaire des escalators du bâtiment	W
$Pesc_z(h)$	Puissance horaire de la demande électrique pour chaque zone desservie par les escalators du bâtiment	W

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
g	Accélération terrestre	m ² /s	9,81
R_m	Rendement global marginal à la charge en montée.	-	0.8
R_d	Rendement global marginal à la charge en descente.	-	0.8
Mpass	Masse conventionnelle d'un passager	kg	75
Bv(k)	Besoin de voyage par personne par an fonction de la typologie d'usage du bâtiment repérée par l'indice k. Les usages du bâtiment sont ceux de Th-BCE	/an/p	
Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composante scalaire) décrivant la mobilité des escalators induite par la zone k		

Tableau 318 : Nomenclature des différentes variables du modèle

10.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

10.2.3.1 Généralités

La description est séquentielle.

Pour toute la suite *z* est un indice repérant toutes les zones, au sens de Th-BCE, existant dans le bâtiment.

Pour toute la suite *i* est un indice repérant tous les escalators présents dans le bâtiment.

Le plan de la description mathématique du modèle est le suivant :

- Tout d'abord, la liste des différentes hypothèses du modèle au §10.2.3.1
- Les constantes (tableaux et scalaires) propres à la méthode sont définies au §10.2.3.2,

- On introduit ensuite les valeurs par défaut des paramètres intrinsèques au §10.2.3.3,
- On applique ensuite une étape de calcul de la puissance horaire conventionnelle de la demande électrique des escalators d'un bâtiment selon le cas en §10.2.3.4,
- Enfin, on calcule la puissance horaire conventionnelle de la demande électrique pour chaque zone z desservie par les escalators d'un bâtiment en §10.2.3.5.

10.2.3.2 Définition des constantes du module

Cette partie introduit l'ensemble des constantes et hypothèses de calcul des consommations des escalators. Ces constantes sont applicables à tous les escalators :

- Accélération terrestre, $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$;
- Masse conventionnelle d'un passager, $M_{\text{pass}} = 75 \text{ [kg]}$;

Besoin de voyages par an, par personne et par usage de bâtiment B_v

Le besoin de voyages par an et par personne, noté $B_v(k)$, est défini au tableau 311 et s'exprime en fonction de la typologie d'usage, notée k , au sens de la méthode Th-BCE 2020.

Rendement global marginal à la charge en montée et en descente

R_m et r_d sont des constantes internes au modèle.

$R_m (-)$	0.8
$R_d (-)$	0.8

Tableau 319 : Rendements globaux marginaux à la charge r_m (en montée) et r_d (en descente) des escalators

Tableau U_k de mobilité des escalators par type de zone k

Le tableau est obtenu via les éléments fournis dans la fiche dédiée aux scénarii conventionnels

Les scénarii sont définis dans la fiche scénario « C_EIN_Scénarios conventionnels ».

10.2.3.3 Définition des valeurs par défaut des paramètres intrinsèques

Les paramètres intrinsèques V_{nom} , P_{standby} , $P_{\text{autostart}}$, $P_{\text{slowspeed}}$, P_{noload} , et H ne peuvent pas être définis par défaut.

10.2.3.4 Calcul de la puissance horaire conventionnelle de la demande électrique des escalators d'un bâtiment

10.2.3.4.1 Cas d'une machine avec transport vers le haut de passagers supposés immobiles sur l'escalator

On fait l'hypothèse que les forces de frottement qui existent à vide ne sont pas modifiées par la charge.

Alors lorsque l'escalator transporte une masse M vers le haut suivant un plan incliné de pente θ par rapport à l'horizontale, un travail mécanique supplémentaire est à réaliser par la chaîne de traction

à travers un rendement marginal r_m :

$$P_{esc}(\text{monte, sous charge } M) = P_{noload} + M.g.\sin(\theta). V_{nom}/r_m \quad (2311)$$

Dans le cas où l'escalator possède une régulation basse vitesse ($Slowspeed = 1$), la puissance nominale à vide est réduite et correspond à la puissance $P_{slowspeed}$ définie dans la nomenclature, ce qui nous donne la puissance de demande électrique en montée suivante :

$$P_{esc}(\text{monte, sous charge } M) = P_{slowspeed} + M.g.\sin(\theta). V_{nom}/r_m \quad (2312)$$

10.2.3.4.2 Cas d'une machine avec transport vers le bas de passagers supposés immobiles sur l'escalator

Lorsque la machine déplace des masses M vers le bas suivant un plan incliné de pente θ par rapport à l'horizontale, par rapport au cas à vide le travail moteur du poids diminue les couples de frottement perçu par la motorisation. A la limite, la consommation est nulle et au-delà un freinage mécanique doit être mis en œuvre. Alternativement une réinjection d'énergie électrique est opérée. **Tout comme la modélisation des ascenseurs, cette option de freinage régénératif n'est pas considérée ici.**

Ainsi, la puissance électrique d'un escalator sans régulation basse vitesse ($Slowspeed = 0$) sous charge est la suivante :

$$P_{esc}(\text{descend, sous charge } M) = \text{Max}(0, P_{noload} - M.g.\sin(\theta). V_{nom} \cdot r_d). \quad (2313)$$

De la même manière qu'en montée, dans le cas où l'escalator possède une régulation basse vitesse ($Slowspeed = 1$), la puissance nominale à vide est réduite et correspond à la puissance $P_{slowspeed}$ définie dans la nomenclature, ce qui nous donne la puissance de demande électrique en descente suivante :

$$P_{esc}(\text{descend, sous charge } M) = \text{Max}(0, P_{slowspeed} - M.g.\sin(\theta). V_{nom} \cdot r_d). \quad (2314)$$

10.2.3.4.3 Cas de la modélisation de l'ensemble des escalators

On modélise **directement l'ensemble des escalators** (montants et descendants) qui existe dans un bâtiment et **directement au pas horaire**.

Etape n°1 : on estime la masse totale M à transporter sur une année :

On suppose qu'elle est identique pour la montée et pour la descente et qu'il n'y a pas de compétition avec les escaliers et les ascenseurs.

Pour cela, on définit le vecteur de connexion $C(z)$ (similaire à matrice de connexion par escalator notée $C(i, z)$) qui vaut :

- 0 s'il n'est pas possible depuis la zone z de joindre à pieds un escalator.
- 1 s'il est possible depuis la zone z de joindre à pieds un escalator.

Pour chaque zone z du bâtiment desservi par les escalators ($C(z)=1$) :

- Calcul du nombre d'occupants maximum conventionnels NB_z , dans la zone $n^o z$:

$$NB_z = \text{Max}_{\text{année}}(\sum_{l=1}^{\text{nb locaux dans zone } Z} N_{occ}^l) \quad (2315)$$

avec N_{occ}^l nombre d'occupants conventionnels calculé dans le chapitre C_EIN_Scénarios conventionnels de la méthode Th-BCE.

- calcul de BV_z , besoin de voyage par personne et annuel pour la zone n°z :

$$BV_z = BV(k) \quad (2316)$$

avec k la typologie d'usage de la zone n°z.

Fin de la boucle portant sur les zones du bâtiment.

Puis calcul du besoin de voyage annuel affecté à l'ensemble des escalators :

$$BVNB = \sum_z C(z) \cdot BV_z \cdot NB_z \quad (2317)$$

D'où le calcul de la masse totale à transporter sur l'année pour l'ensemble des escalators :

$$M = M_{\text{pass}} \cdot BVNB \quad (2318)$$

Ainsi, on en déduit le calcul de la masse totale à transporter sur un pas de temps horaire pour l'ensemble des escalators :

$$M_h = M / 8760 \quad (2319)$$

Etape n°2 : on recueille les caractéristiques des escalators :

- Pnoload (W) : la puissance à vide et à vitesse nominale cumulée de tous les escalators :

Pnoload_m pour les machines assurant la montée.

Pnoload_d (s'il y en a) pour les machines assurant la descente.

Cette puissance est assimilable à Pnoload telle que définie §10.2.2. Il n'y a pas de valeur par défaut possible.

- Poff (W) : les puissances cumulées à l'arrêt de tous les escalators pendant les périodes de fermeture au public du bâtiment :

Poff_m pour les machines assurant la montée,

Poff_d (s'il y en a) pour les machines assurant la descente,

Ici « à l'arrêt » signifie aucun transport de masse pendant au moins 1 heure. En raison de la définition des tableaux de mobilité, Uk, cela se réalisera pendant les périodes de fermeture.

Suivant les fonctionnalités des machines et suivant l'exploitation envisagée des

machines cette puissance est assimilable à P_{load} ou à $P_{startup}$ ou à $P_{standby}$ telle que définie §10.2.2.

- $H(m)$: la hauteur de déplacement :

H_m pour les machines assurant la montée,

H_d pour les machines assurant la descente,

Il n'y a pas de valeur par défaut possible pour cette variable.

Par exemple : pour un bâtiment à R+3 équipé depuis le rez-de-chaussée et jusqu'en haut d'escalators montant mais avec seulement deux étages équipés d'escalators descendant :

H_m est la hauteur cumulée des 3 étages,

H_d est la hauteur cumulée de 2 étages.

Etape n° 3 : on estime la répartition horaire du trafic $T(h)$ allouée aux escalators :

$T(h)$ distribue au pas horaire la masse totale à transporter M calculée en étape n° 2 :

$$T(h) = \left(\sum_z C(z) \cdot BV_z \cdot NB_z \cdot U_z(h) \right) / \left(\sum_{z,h} C(z) \cdot BV_z \cdot NB_z \cdot U_z(h) \right) \quad (2320)$$

Ce vecteur est sans dimension et par construction ce vecteur est normé : sa somme sur l'année vaut 1.

Etape n°4 : on calcule la demande électrique horaire $P_{esc}(h)$ des escalators du bâtiment :

Tout d'abord, on doit distinguer deux types de fonctionnement de l'escalator :

- Le fonctionnement en mode veille
- Le fonctionnement en occupation

Premier cas : Fonctionnement de l'escalator en occupation

On considère ici que nous sommes en période d'occupation.

Les personnes sont considérées transportées sur toute la hauteur de l'escalator.

Ainsi, en période d'occupation, la demande électrique horaire des escalators du bâtiment est donc :

$$P_{esc}(h) = P_{esc\_m}(M_h.T(h), H_m/r_m) + P_{esc\_d}(M_h.T(h), H_d.r_d) \quad (2321)$$

Deuxième cas : Fonctionnement de l'escalator en mode veille (soit en inoccupation)

On considère ici que nous sommes en période d'inoccupation.

Dans ce cas, si le scenario de mise en veille est connu ($Sc_{veille} = 1$), la demande électrique horaire des escalators du bâtiment est la suivante :

$$P_{esc}(h) = P_{standby} \quad (2322)$$

Si le scénario de mise en veille n'est pas connu ($Sc_{veille} = 0$), la demande électrique horaire des escalators du bâtiment est la suivante :

$$P_{esc}(h) = P_{standby\_default} = 88 \text{ W} \quad (2323)$$

10.2.3.5 *Calcul de la puissance horaire conventionnelle de la demande électrique pour chaque zone z desservie par les escalators d'un bâtiment*

On définit une partition, conventionnelle, au prorata des besoins de voyage de chaque zone :

$$P_{esc_z}(h) = \left(P_{esc}(h) \frac{C(z).NBV_z}{\sum_{toutes \text{ les zones } j} C(j).NBV_j} \right) \quad (2324)$$

10.2.3.6 *Calcul de la puissance horaire conventionnelle de la demande électrique des escalators d'un bâtiment dans le cas d'un tapis roulant*

Ce modèle prend en compte les tapis roulants dans le même jeu d'hypothèse. En effet, le cas des tapis roulants implique $H=0$ et alors le modèle se réduit à :

$$P_{esc}(h) = P_{noload} \quad (2325)$$

La consommation devient indépendante du trafic dans le cadre de cette modélisation.

10.3 C_VEN_Calcul des consommations de ventilation des parcs de stationnement fermés

10.3.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale du système de ventilation forcée d'un parking fermé si l'utilisateur déclare que le parking est en ventilation forcée.

La consommation des éventuels auxiliaires associés au système de ventilation n'est pas pris en compte ici.

Le modèle prend en compte deux typologies de parking :

- un parking d'habitat soumis à l'arrêté du 31 janvier 1986 ;
- un parking hors habitat soumis à l'instruction du 3 mars 1975.

Si le parking est ouvert sur l'extérieur le modèle de calcul retourne une valeur de consommation nulle :

- **pour les parkings d'habitat, un débit de 600 m³/h par véhicule est pris en compte**
- **pour les parkings hors habitat**, le débit est calculé en se basant sur une estimation du besoin en ventilation pour maintenir la concentration en monoxyde de carbone CO du parking sous un seuil fixe de 50 ppm.

Plus précisément :

- **Pour les parkings hors usage d'habitation :**

La consommation des ventilateurs est estimée au pas horaire.

A chaque pas de temps, on estime le besoin de renouvellement d'air nécessaire pour maintenir une concentration en monoxyde de carbone CO sous un seuil de 50 ppm. Ce besoin en renouvellement d'air est calculé en faisant l'hypothèse d'une régulation à deux seuils du fonctionnement des ventilateurs. Le besoin de ventilation intègre à travers la notion d'efficacité de ventilation, et la possibilité que le capteur de CO ne soit pas représentatif du niveau moyen de CO dans le parking.

On part du principe que la ventilation va s'opposer à un terme source de CO qui est calculé à partir d'hypothèses sur les véhicules circulant et la fréquence de déplacement :

- un facteur d'émission de CO conventionnel des véhicules ;
- une vitesse de déplacement conventionnelle des véhicules et donc une durée de déplacement des véhicules ;
- des données topologiques simples du parking qui détermine la longueur de déplacement des véhicules ;
- une typologie simplifiée d'usage du parking qui conditionne le trafic horaire du parking en intensité et en distribution temporelle.

Cette typologie d'usage est traduite par la définition d'un scénario horaire qui quantifie le nombre de mouvements par place (entrée ou bien sortie) moyenné sur l'heure. Ce scénario est une constante interne au modèle. Le scénario horaire est construit sur une hypothèse de durée moyenne de stationnement dans la journée ou alternativement du nombre de mouvements par jour. Ces caractéristiques journalières sont fonctions de la typologie d'usage du parking. Puis dans un second temps la répartition horaire est induite suivant une distribution horaire à trois niveaux (beaucoup moyen aucun) à dire d'expert et qui est propre à chaque typologie d'usage. Un processus de normalisation permet de s'assurer que le scénario horaire journalier est consistant avec les hypothèses journalières.

Les hypothèses simplificatrices sont :

- l'homogénéité spatiale du taux de CO dans le parking à un instant donné quelconque ;

- la ventilation naturelle n'est pas prise en compte ;
- la consommation de veille des ventilateurs ou des auxiliaires au sens large est négligée.

• **Pour les parkings intérieurs en usage d'habitation :**

On considère que :

- soit la ventilation est permanente 24h/24h, il suffit alors de spécifier la puissance électrique de fonctionnement du système de ventilation par nombre de place correspondant à un point de fonctionnement 600 m³/h / place ;
- soit la ventilation est régulée dans ce cas le scénario d'usage du parking est exploité pour estimer par heure le nombre de véhicules en mouvement et en conséquence pour activer la puissance de ventilation par nombre de place correspondant à un point de fonctionnement de 600 m³/h/place.

Dans tous les cas, les jours où le parking est fermé sont hérités du module parking éclairage.

En termes de scénarisations du nombre de mouvements de véhicules au cours du temps, trois scénarios sont définis selon une valeur relative à l'usage des zones du bâtiment associé, Typeusage. Ce paramètre peut prendre les trois valeurs suivantes : 0) Bureau, 1) Commerce et 2) Habitat.

La valeur à adopter pour Typeusage est déterminée à partir de l'usage de la zone de bâtiment associée au parking.

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeur de Typeusage du parking à appliquer
1	Maisons individuelles ou accolées	2) Habitat
2	Logements collectifs	2) Habitat
3	Bureaux	0) Bureaux
4	Enseignement primaire	0) Bureaux
5	Enseignement secondaire	0) Bureaux
6	Médiathèques et bibliothèques	0) Bureaux
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0) Bureaux
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	2) Habitat
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	2) Habitat
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	2) Habitat
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	2) Habitat
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0) Bureaux
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	1) Commerces
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0) Bureaux
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	1) Commerces
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	1) Commerces
17	Commerces	1) Commerces
18	Vestiaires seuls	0) Bureaux
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0) Bureaux
20	Etablissements de santé (partie nuit)	1) Commerces

21	Etablissements de santé (partie jour)	1) Commerces
22	Aérogares	1) Commerces
23	Industries ou artisanats 3x8h	0) Bureaux
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0) Bureaux
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	0) Bureaux
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0) Bureaux
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0) Bureaux
28	Etablissements sportifs privés	1) Commerces

10.3.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
NbjO(i)	Calendrier annuel des jour ouverts/fermés du parking Hérité du module éclairage parking	-
Type	Type de parking soit intérieur =«int» soit extérieur =«ext». Hérité du module éclairage parking	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
IsParamVentilationDefault	Paramétrage par défaut des débits et puissances de ventilateurs du parking : 0) Non 1) Oui	-	0	1	-
Dvent1	Débit de ventilation total première vitesse	m³/h	1	+ ∞	-
Dvent2	Débit de ventilation total seconde vitesse	m³/h	Dvent1	+ ∞	-
Pvent1	Puissance électrique active appelée par tous les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la première vitesse	W	1	+ ∞	-
Pvent2	Puissance électrique active appelée par tous les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la seconde vitesse	W	Pvent1	+ ∞	-
Pvent600	Puissance active totale de l'installation par nombre de place de parking et à 600 m³/h/véhicules pour les parkings d'habitations	W/nb de places	1	+ ∞	-
Reg	Applicable uniquement à un parking de typeusage= « habitation » Reg=1 la ventilation est régulée Reg+0 la ventilation n'est pas régulée	-	0	1	-
Vent	Présence (oui) ou pas (non) de ventilation forcée	-	-	-	-

Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Typeusage	Typologie de parking 0 : bureau 1 : commerce 2 : habitat	-	0	2	-
Net	Nombre d'étages du parking	-	1	+ ∞	-
Npl	Nombre total de places de stationnement	-	1	+ ∞	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
ProdCO(h)	Terme source de CO de l'ensemble des véhicules dans le parking (CO à température ambiante) pendant le pas de temps h (h de 1 à 8760)	m³CO/h
Dreq(h)	Débit de ventilation mécanique requis pour tout le parking pour assurer une concentration en CO de CCOLim pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	m³/h
Nveh(h)	Trafic de véhicule dans tous le parking exprimé en nombre de mouvements de véhicule par heure (une entrée ou une sortie)	1/h

pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)

Rmvtpl(h)	Ratio moyen horaire de mouvement par place pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	-
Dtraj	durée moyenne de déplacement d'un mouvement de véhicule	h
Lmoytraj	Longueur moyenne d'un déplacement d'un véhicule	m
Dmvm	Durée moyenne de fonctionnement du moteur d'un véhicule	h
Larg	Largeur d'un étage du parking	m
Long	Longueur d'un étage du parking	m
Peri	Périmètre d'un étage du parking	m

Sorties

Nom	Description	Unité
Pvent(h)	Puissance horaire des ventilateurs du parking pendant le pas de temps h de l'heure dans l'année (i de 1 à 8760)	W
Event	Consommation annuelle en énergie active finale des ventilateurs du parking	Wh
C ^z _{ef_park} (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Effvent	Efficacité de ventilation en termes de ratio point de mesure donnant la valeur maximum / valeur moyenne dans le parc de stationnement.	-	0,5
CCOlim	Valeur seuil maximale de concentration volumique en CO prise en compte par le système de ventilation	m ³ Co/m ³ Ai r	5 10 ⁻⁵
ProdCOveh	Facteur d'émission conventionnel d'un moteur de véhicule en fonctionnement (CO à température ambiante)	m ³ Co /h	0,35
Rutil	Ratio d'utilisation moyen du parking : nombre moyen de places utilisées sur la période/ nombre de place.	-	1
Dfix	Durée moyenne de fonctionnement du moteur d'un véhicule lorsque le véhicule est à l'arrêt	h	0,01
Vmoy	Vitesse moyenne de déplacement des véhicules dans le parking (10 km/h)	m/h	10000
Rl	Allongement de la surface utile du parking : ratio longueur / largeur	.	2
Spl	Surface d'une place de parking	m ²	12

Tableau 320 : Nomenclature des différentes variables du modèle

10.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La présente fiche algorithme est constituée des paragraphes suivants :

- La définition des valeurs par défaut des paramètres intrinsèques en 10.3.3.1,
- **le calcul des constantes** quelle que soit la typologie d'usage du parking (quelle que soit la valeur de la variable typeusage) est regroupé en 10.3.3.2,
- **le calcul de la consommation horaire** du système de ventilation $P_{vent}(h)$. Trois cas de figure se présentent :
 - le cas du parking ouvert (Type=«ext») pour toutes les typologies d'usage (typeusage) en 10.3.3.3, ou le cas d'un parking fermé sans ventilation mécanique en 10.3.3.4,
 - le cas du parking hors usage d'habitation (typeusage=«bureau» ou «commerce») fermé (Type=«int») et équipé d'une ventilation mécanique en 10.3.3.5,
 - le cas du parking habitation (typeusage=«habitat») fermé (Type=«int») et équipé d'une ventilation mécanique en 10.3.3.6.

L'énergie annuelle est calculée de façon identique pour toutes les typologies d'usage en 10.3.3.7 et 10.3.3.8.

Le nombre de place de parking N_{pl} est obtenu de la manière suivante :

- chaque place de parking dédiées aux véhicules deux-roues motorisés compte pour 0.33 place ; le nombre de places ainsi obtenu est arrondi à l'entier supérieur ;
- les places de parking dédiées aux véhicules deux-roues non motorisés comptent pour 0 place ;
- chaque autre place de parking compte pour 1 place.

Dans le cas d'un parking associé à des bâtiments ou des zones avec différentes typologies d'usages (typeusage) : il faut créer un objet parking pour chaque typologie d'usage différente, en répartissant le nombre de places de la manière suivante :

- si les places peuvent être affectées directement aux différents usages, puisque dédiées à un unique usage (par exemple au travers du programme), le parking de chaque type d'usage comportera le nombre de places correspondantes, dans le respect des règles induites par le plan local d'urbanisme le cas échéant ;
- sinon, les places sont réparties au prorata des surfaces de référence des zones, regroupées par type d'usage, dans la limite des règles induites par le plan local d'urbanisme le cas échéant.

Le nombre de places de parking (N_{pl}) peut être saisi comme un nombre réel, pas nécessairement un entier.

10.3.3.1 Valeurs par défauts

Les valeurs par défaut suivantes sont ainsi fixées, si celui-ci fixe $IsParamVentilationDefaut = 0$:

$D_{vent\ 2} = 900 \cdot N_{pl}$ en m³/h
 $D_{vent\ 1} = 450 \cdot N_{pl}$ en m³/h
 $P_{vent\ 2} = 40 \cdot N_{pl}$ en W
 $P_{vent\ 1} = 5 \cdot N_{pl}$ en W
 $P_{vent600} = 40 \cdot W_{place}$

(2326)

10.3.3.2 Calcul des constantes

Un ensemble de constantes, fixées pour toute la durée du calcul, sont définies ci-dessous :

- Largeur, longueur et périmètre de chaque étage du parking (identique pour tous les étages du parking) :

$$Larg = \left(\frac{Spl \cdot N_{pl}/Net}{Rl} \right)^{1/2} \quad (2327)$$

$$Long = Rl \cdot Larg \quad (2328)$$

$$Peri = 2 \cdot Long + 2 \cdot Larg \quad (2329)$$

- Longueur moyenne (moyenne de l'entrée et de la sortie) d'un trajet (entrée sortie non distinguées) dans le parking :

$$L_{moytraj} = Peri \cdot \left(\frac{Net}{4} + \frac{1}{4} \right) \quad (2330)$$

- Durée moyenne du trajet moyen

$$D_{traj} = L_{moytraj}/V_{moy} \quad (2331)$$

- Durée moyenne de fonctionnement du moteur

$$D_{mvmvt} = D_{fix} + D_{traj} \quad (2332)$$

- Le tableau ci-dessous définit R_{mvtpl} en fonction du n° de fin de l'heure légale du jour courant sur la plage 8h-24h (quel que soit le jour courant ie L M M J V S D) et ceci pour les différentes typologies d'usage de la zone.

Pour l'heure légale h_{leg} de 0h à 8h, R_{mvtpl} est toujours nul, quel que soit l'usage.

	Heure légale hleg au pas de temps h																	
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Bureaux	0	0,308			0,154	0	0,154		0	0,308		0						
Usage d’habitation	0,19			0,095						0,19		0,095			0			
Commerce	0,278	0,556											0,278			0		

Tableau 321 : Valeurs conventionnelles de $R_{mvtpl}(h)$ en fonction de l'heure légale et de typeusage

10.3.3.3 Calculs de $P_{vent}(h)$ pour le cas des parking ouverts

Les parkings ouverts ne sont pas munis de dispositifs de ventilation :

Si **Type** = «ext» alors :

$$P_{vent}(h) = 0, \text{ pour tout pas de temps } h \quad (2333)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

10.3.3.4 *Calculs de Pvent(h) pour le cas des parkings sans ventilation forcée*

Si **Ventilation**= « non » alors :

$$Pvent(h) = 0, \text{ pour tout pas de temps } h \quad (2334)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

10.3.3.5 *Calcul de Pvent(h) pour le cas du parking de type d'usage hors usage d'habitation et de type fermé*

Cette section est applicable uniquement pour le cas où **Type**= « int » ET (**typeusage** = «bureaux» OU **typeusage**= «commerce»).

10.3.3.5.1 Calcul du besoin en débit horaire de ventilation Dreq(h)

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760) :

Si pour le numéro du jour dans l'année j $NbjO(j)=1$ alors : (le parking est ouvert)

Nveh(h) est le nombre de mouvements de véhicules par heure est calculé comme suit :

$$Nveh(h) = Npl \cdot Rutil \cdot Rmvtpl(h) \quad (2335)$$

Le terme source prodCO(h) est calculé comme suit :

$$ProdCO(h) = ProdCOveh \cdot Nveh(h) \cdot Dmvm \quad (2336)$$

Enfin, le débit horaire est le suivant :

$$Dreq(h) = \frac{ProdCO(h)}{CCOlim \cdot Effvent} \quad (2337)$$

Sinon (parking fermé) :

$$Dreq(h) = 0 \quad (2338)$$

10.3.3.5.2 Calcul de la consommation horaire des ventilateurs Pvent(h)

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760) :

Si **Dreq(h) = 0** alors :

$$Pvent(h) = 0 \quad (2339)$$

Sinon :

$$\text{Si } Dvent1 > Dreq(h) \text{ alors} \quad (2340)$$

$$Pvent(h) = Dreq(h) \cdot Pvent1/Dvent1 \quad (2341)$$

Sinon :

$$Pvent(h) = Dreq(h) \cdot Pvent2/Dvent2 \quad (2342)$$

10.3.3.6 *Calcul de Pvent(h) et pour le cas d'un parking en usage d'habitation, et fermé*

Cette section s'applique uniquement si **Type**= «int» ET **typeusage**= «habitat»

10.3.3.6.1 Calcul de la puissance électrique absorbée par les ventilateurs $P_{vent}(h)$

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760) :

Si le système est régulé, c'est-à-dire si $Reg = 1$ alors

Si pour le numéro du jour dans l'année j , $NbjO(j) = 1$, alors (le parking est ouvert) :

$$P_{vent}(h) = P_{vent600} \cdot N_{pl} \cdot R_{util} \cdot R_{mvtpl}(h) \quad (2343)$$

Sinon :

$$P_{vent}(h) = 0 \quad (2344)$$

Sinon ($Reg = 0$: le système n'est pas régulé), alors, quelle que soit la valeur de h :

$$P_{vent}(h) = P_{vent600} \cdot N_{pl} \cdot R_{util} \quad (2345)$$

10.3.3.7 Calcul de la consommation annuelle du système de ventilation par zone

Le calcul de la consommation $Event$ (exprimé en Wh) est commun à tous les scénarios d'usage, c'est-à-dire, quelle que soit la valeur de $Type$ ou de $typeusage$:

$$Event = \sum_1^{8760} P_{vent}(h) \quad (2346)$$

La consommation $Event$ est répartie au prorata des surfaces S_{RT} des différentes zones du bâtiment.

10.3.3.8 Ajout de la consommation de ventilation horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone

La puissance absorbée par les ventilateurs $P_{vent}(h)$ est répartie au prorata des surfaces conventionnelles S_{RT} des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone $C_{ef\_park}^z(h)$.

10.4C_ECL_calcul des consommations d'éclairage des parkings

10.4.1 INTRODUCTION

Ce modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale de l'éclairage (hors éclairage de secours) d'un parking. Ce parking peut être de deux types :

- soit un parking externe, on suppose alors l'accès à la lumière du jour parfaite (la voute céleste est totalement visible en tout point du parking) ;
- soit un parking interne, on suppose alors l'accès à la lumière du jour nul en permanence.

Un parking est décrit et calculé au niveau du projet au sens de la méthode Th-BCE 2012. Sa consommation est ensuite répartie entre chaque zone des bâtiments, au prorata de sa surface S_{REF} .

Le parking est caractérisé par les éléments opposables suivants :

- **la puissance électrique totale installée pour l'éclairage** qui comprend : les éventuels rampes ou couloir d'accès, les circulations piétonnes,..., et la zone de stationnement proprement dite. Cette puissance ne comprend pas : les panneaux signalétiques, les panneaux de publicité, la signalisation d'occupation de place, les automates de billetterie, les caméras de surveillance, la motorisation des barrières d'accès au parking et les BAES ;
- **le planning de fermeture du parking à l'échelle de l'année** ainsi appréhendé : le nombre de semaines de fermeture totale 24h/24h, puis dans les semaines restantes, les horaires (heures légales) d'ouverture découpées en deux blocs du lundi au vendredi indifféremment puis du samedi au dimanche indifféremment ;
- **les plages horaires dans la semaine (heures légales) ou l'éclairage est contrôlé par détection de présence, le reste étant supposé en marche forcée ;**
- **l'extinction ou pas de l'éclairage en période de fermeture.**

La modélisation ne prend pas en compte une possibilité de gradation de la puissance d'éclairage et considère que pendant les plages de fermeture, l'éclairage est soit en marche forcée soit totalement éteint.

La passerelle entre Typeusage et l'usage de la zone associée au parking est définie au Tableau 322.

10.4.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant

C. Eex Climat	Nom	Description	Unité
	jsem	Numéro du jour de la semaine, 1 correspond au lundi	-
	Htsmf	Heure de fin du pas de temps en temps UTC	heure
	Hleg	Heure légale	heure

S_{REF}^{zn}

Surface de référence au sens de la RT2020 de la zone n°z

m²**Paramètres intrinsèques du composant**

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Pecins	Puissance totale de l'éclairage installé dans le parking.	W	1	+ ∞	-

Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Type	Type de parking soit intérieur = « int » soit extérieur = « ext »	-	-	-	-
Net	Nombre d'étages du parking	-	1	+ ∞	-
Npl	Nombre total de places de stationnement	-	1	+ ∞	-
Typeusage	Typologie de parking 0 : bureau 1 : commerce 2 : habitat	-	0	2	-
PlagDsej	Plages horaires en semaine du L au V de fonctionnement du dispositif d'éclairage en mode de détection définies par les couples (heure légale de démarrage, heure légale de fermeture) j pour ce mode. Il y a au maximum j=3 plages.	(heure, Heure)	(0,0)	(23,23)	-
PlagDwej	Plages horaires en week end de fonctionnement du dispositif d'éclairage en mode de détection définies par les couples (heure légale de démarrage, heure légale de fermeture) j pour ce mode. Il y a au maximum j=3 plages.	(heure, Heure)	(0,0)	(23,23)	-
Ex	Extinction de l'éclairage si le parking est fermé 0= oui ; 1=non	-	0	1	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
NbjO(j)	Calendrier annuel des jours ouverts (=1) ou fermé (= 0)	-
PlagOse	Plage horaire d'ouverture en semaine du L au V du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture, heure légale de fermeture)	(heure, heure)
PlagOwe	Plage horaire d'ouverture en week-end du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture, heure légale de fermeture)	(heure, heure)
Ouv(h)	Vecteur (de 8760 composantes) ouverture parking pendant l'heure h de l'année : 1 -> « parking ouvert » et 0 -> « parking fermé ».	-
Det(h)	Vecteur (de 8760 composantes) mode de régulation de l'éclairage pendant l'heure h de l'année : 0 -> « marche forcée » et 1 -> « marche sur détection ».	-
Fh(h)	Vecteur taux horaire de besoin d'éclairage du parking considéré pendant l'heure h de l'année (0.= aucun besoin d'éclairage; 1.= besoin	-

d'éclairage pendant toute l'heure). 8760 composantes.

Sorties

Nom	Description	Unité
Eec	Scalaire, consommation d'énergie finale annuelle de l'installation d'éclairage du parking	Wh
Pecapp(h)	Vecteur, puissance horaire moyenne appelée par l'éclairage du parking pendant l'heure h de l'année, 8760 composantes.	W
C ^z _{ef_park} (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Fhint(h)	Vecteur (de 8760 composantes) taux horaire du besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année pour les parkings intérieurs. (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure).	-	1
Fhext(h)	Vecteur taux horaire de besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année pour les parkings extérieurs. (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure).8760 composantes.	-	
TauDet(h)	Vecteur (de 8760 composantes) taux d'usage pour chaque heure h de l'année de la puissance d'éclairage quand l'éclairage est en mode de détection de présence.	-	

Tableau 322 : Nomenclature du modèle

10.4.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

10.4.3.1 Définition des constantes du module

Pour un parking intérieur, le taux horaire de besoin d'éclairage $Fh_{int}(h)$ est toujours le même quelles que soient l'heure de la journée ou la période de l'année, d'où :

$$Fh_{int}(h) = 1 \forall h \in [1,8760] \quad (2347)$$

$Fh_{ext}(h)$ est défini par le tableau suivant exprimé en heure légale de fin de pas de temps.

1 à 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,7 9	0,4 8	0,1 5	0	0	0	0	0	0	0	0,0 3	0, 2	0,3 6	0, 5	0,6 5	0,8 4	1	1

Tableau 323 : Valeurs de $Fh_{ext}(h)$ en fonction de l'heure légale

$$TauDet(h) = 0,2 \forall h \in [1,8760] \quad (2348)$$

Note : on considère que l'éclairage en mode détection de présence apporte un abattement conventionnel de consommation de 80%.

10.4.3.2 Définition des plages d'ouverture et valeurs par défaut

Nombre de places de parking par type d'usage :

Le nombre de place de parking Npl est obtenu de la manière suivante :

- chaque place de parking dédiées aux véhicules deux-roues motorisés compte pour 0.33 place ; le nombre de places ainsi obtenu est arrondi à l'entier supérieur ;
- les places de parking dédiées aux véhicules deux-roues non motorisés comptent pour 0 place ;
- chaque autre place de parking compte pour 1 place.

Dans le cas d'un parking associé à des bâtiments ou des zones avec différentes typologies d'usages (typeusage) : il faut créer un objet parking pour chaque typologie d'usage différente, en répartissant le nombre de places de la manière suivante :

- si les places peuvent être affectées directement aux différents usages, puisque dédiées à un unique usage (par exemple au travers du programme), le parking de chaque type d'usage comportera le nombre de places correspondantes, dans le respect des règles induites par le plan local d'urbanisme le cas échéant ;
- sinon, les places sont réparties au prorata des surfaces de référence des zones, regroupées par type d'usage, dans la limite des règles induites par les plan local d'urbanisme le cas échéant.

Le nombre de places de parking (Npl) peut être saisi comme un nombre réel, pas nécessairement un entier.

Plages d'ouverture :

Pour les heures d'ouverture et les heures de détection par défaut, cela dépend du type d'usage

Si le Type d'usage (typeusage) est « habitat » :

- $NbjO(j) = 1$ pour tout j , c'est à dire., « parking ouvert tous les jours » ;
- $PlagOse = \{0 ; 23\}$ (24h/ 24h), c'est à dire., « plage horaire d'ouverture en semaine 24h / 24h » ;
- $PlagOwe = \{0 ; 23\}$ (24h/ 24h), c'est à dire., « plage horaire d'ouverture en we 24h / 24h » ;

Si le Type d'usage (typeusage) est « bureau » :

- $NbjO(j) = 1$ pour tout j , c'est à dire., « parking ouvert tous les jours » ;
- $PlagOse = \{9 ; 18\}$ (9h, 19h), c'est à dire., « plage horaire d'ouverture en semaine 9h à 19h » ;
- $PlagOwe = \{0 ; 0\}$ (0h), c'est à dire., « plage horaire d'ouverture en we : jamais ouvert » ;

Si le Type d'usage (typeusage) est « commerce » :

- $NbjO(j) = 1$ pour tout j , c'est à dire., « parking ouvert tous les jours » ;
- $PlagOse = \{7 ; 21\}$ (7h à 22h), c'est à dire., « plage horaire d'ouverture en semaine 7h à 22h » ;
- $PlagOwe = \{7 ; 21\}$ (7h à 22h), c'est à dire., « plage horaire d'ouverture en we 7h à 22h » (la plage d'ouverture n'est effective que le samedi pour les commerces, en effet, les parkings des commerces sont fermés le dimanche, tel que décrit dans l'algorithme de calcul du vecteur ouverture des parkings $ouv(i)$;

Valeurs par défaut :

Pour les heures de détection,

- $PlagDse^j = \{0 ; 0\}$, c'est à dire., « pas détection de présence en semaine » ;
- $PlagDwe^j = \{0 ; 0\}$, c'est à dire., « pas détection de présence en week-end ».

Pour la puissance électrique de l'éclairage installé (exprimée en W) par défaut :

Si parking du type « int » (parking intérieur) :

$$Pec_{ins} = Npl \times 75$$

(2349)

Si parking du type « ext » (parking extérieur) :

$$Pec_{ins} = Npl \times 8$$

(2350)

Avec Npl le nombre de place du parking et Net le nombre d'étages du parking.

10.4.3.3 Séquence de saisie des données

La séquence logique de saisie de données, commune à l'éclairage et la ventilation des parkings, est la suivante :

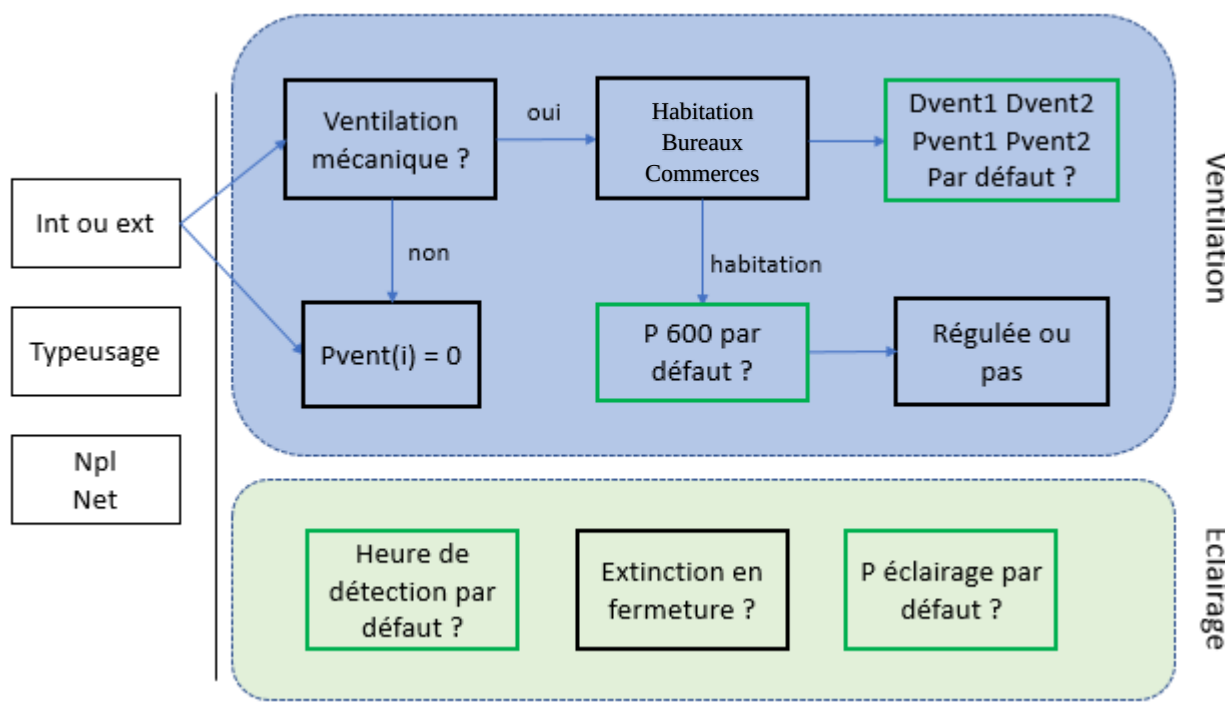


Figure 211 – Séquence logique de définition des paramètres d'éclairage et ventilation des parkings

10.4.3.4 Calcul du vecteur horaire $Ouv(i)$ (ouverture du parking)

Pour chaque heure h de l'année (de 1 à 8760) :

- si avec j le jour dans l'année $NbjO(j) = 1$
 - si $jsem \in [1,5]$ (on est L M M J ou V)
 - si $Hleg \in [PlagOse[$
 - alors $Ouv(h) = 1.$
 - sinon $Ouv(h) = 0.$
 - sinon (le jour dans l'année est S ou D)
 - si (typeusage=commerce et $jsem = 7$) (si dimanche pour les commerce)
 - alors $Ouv(h) = 0.$
 - sinon (autres types usages ou commerce le samedi)
 - si $Hleg \in [PlagOwe[$
 - alors $Ouv(h) = 1.$
 - sinon $Ouv(h) = 0.$
 - sinon $Ouv(h)=0.$

10.4.3.5 Calcul du vecteur horaire $Det(i)$ (mode de régulation de l'éclairage)

Pour chaque heure h de l'année (de 1 à 8760) :

- si avec j le jour de l'année $NbjO(j) = 1$
 - si $jsem \in [1,5]$ (on est L M M J ou V)
 - si $Hleg \in U_{j=1 \text{ à } 3}^{\blacksquare}[PlagDse^j[$ (l'heure légale est dans une des trois plages)
 - alors $Det(h)=1.$
 - sinon $Det(h)=0.$
 - sinon (le jour dans l'année est S ou D)
 - si $Hleg \in U_{j=1 \text{ à } 3}^{\blacksquare}[PlagDwe^j[$
 - alors $Det(h)=1.$
 - sinon $Det(h)=0.$
 - sinon $Det(h)=0.$

10.4.3.6 Calcul du vecteur horaire $Fh(h)$ (besoin horaire d'éclairage)

Pour chaque heure h dans l'année (de 1 à 8760) :

$$\text{Si Type} = \text{int alors } Fh(h) = Fh_{\text{int}}(h) \text{ sinon } Fh(h) = Fh_{\text{ext}}(h) \quad (2352)$$

10.4.3.7 Calcul du vecteur horaire d'appel de puissance

Pour chaque heure h dans l'année (de 1 à 8760) :

$$Pec_{\text{app}}(h) = Pec_{\text{ins}} \cdot [Ouv(h) \cdot Fh(h) \cdot (1 - Det(h) + Det(h) \cdot TauDet(h)) + (1 - Ouv(h)) \cdot Ex] \quad (2353)$$

10.4.3.8 Calcul de la consommation annuelle

$$Eec = \sum_{h=1}^{8760} Pec_{\text{app}}(h) \quad (2354)$$

10.4.3.9 Ajout de la consommation d'éclairage horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone

La puissance d'éclairage $Pec_{\text{app}}(h)$ calculée est répartie proportionnellement aux surfaces conventionnelles S_{REF} des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone $C_{\text{ef\_park}}^z(h)$.

11. PERTES

11.1 C_PER_Pertes et consommations électriques récupérables

11.1.1 INTRODUCTION

L'ensemble des pertes et consommations électriques récupérables des systèmes sont obtenues à partir des pertes récupérables calculées dans les différentes fiches composants constituant les systèmes.

Elles sont sommées, distribuées entre les groupes, puis injectées sous forme d'apports internes au pas de temps suivant. Le processus a lieu au niveau du bâtiment.

Les pertes potentiellement récupérables sont les suivantes :

- Pertes de distribution vers des espaces chauffés des réseaux primaires et secondaires de chauffage ou de refroidissement,
- Pertes de distribution vers des espaces chauffés des réseaux primaires et secondaires d'ECS,
- Pertes récupérables de stockages des ballons ECS individuels et collectifs,
- Pertes récupérables des générations de chaud, de froid et d'ECS.

- Pertes récupérables des réseaux des systèmes solaires thermiques.

Les consommations électriques potentiellement récupérables sont les suivantes :

- Les consommations électriques des ventilateurs locaux des émetteurs,
- Les consommations électriques des circulateurs des distributions.

Les consommations électriques des auxiliaires de génération ne sont pas considérées comme récupérables.

11.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 324 donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Uni
Ventilateurs locaux	$\Phi_{vent\_loc\_vc}^{gr}(h)$	Energie consommée par les ventilateurs locaux de l'ensemble des émetteurs du groupe gr , et transmise au groupe sous forme de chaleur.	Wh
	$\Phi_{th-BA-vc}^{gr}(h)$	Energie consommée par les brasseurs d'air du groupe gr , et transmise au groupe sous forme de chaleur.	Wh
Circulateurs des réseaux de chauffage	$\Phi_{aux\_vc}^{ds}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau secondaire transmise aux groupes sous forme de chaleur.	Wh
	$\Phi_{aux\_vc}^{dp}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau primaire transmise aux groupes sous forme de chaleur.	Wh
Pertes des réseaux de chaud et froid	$\Phi_{pertes\_vc}^{ds}(h)$	Pertes de distribution des réseaux secondaires de chaud et de froid vers des espaces chauffés (pertes récupérables).	Wh
	$\Phi_{pertes\_vc}^{dp}(h)$	Pertes de distribution des réseaux primaires de chaud et de froid vers des espaces chauffés (pertes récupérables).	Wh
	$Rat_{surf}^{dp,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par le réseau de distribution primaire	Réel
Pertes des réseaux d'ECS	$\Phi_{pertes\_vc}^{ds\_e}(h)$	Pertes de distribution des réseaux secondaires d'ECS vers des espaces chauffés.	Wh
	$\Phi_{pertes\_vc}^{dp\_e}(h)$	Pertes de distribution des réseaux primaires d'ECS vers des espaces chauffés	Wh
ECS décentrali.	$\Phi_{déc\_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes de stockages décentralisés de l'ECS.	Wh
	$\Phi_{déc\_vc}^{gnr}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh
Génération	$\Phi_{vc\_tot}^{gen}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires de la génération transmises au volume chauffé.	Wh
	$Rat_{surf}^{gen,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Uni	Min	Ma x	Conv.
Parts récupérables sur pertes récupérables	$Part_{recup\_vent\_loc}$	Part récupérable du flux thermique des ventilateurs locaux.	Réel	0	1	1.0
	$Part_{recup\_circ\_chfr}$	Part récupérable des flux thermiques issus des circulateurs de chauffage et refroidissement.	Réel	0	1	0.6
	$Part_{recup\_circ\_ECS}$	Part récupérable des flux thermiques issus des circulateurs des réseaux ECS.	Réel	0	1	0.6
	$Part_{recup\_dgr\_chfr}$	Part récupérable des pertes vers l'ambiance chauffée des distributions du groupe en chaud et en froid.	Réel	0	1	1.0
	$Part_{recup\_dintgr\_chfr}$	Part récupérable des pertes vers l'ambiance chauffée des distributions intergroupes en chaud et en froid.	Réel	0	1	0.6
	$Part_{recup\_dist\_ECS}$	Part récupérable des pertes vers l'ambiance chauffée des distributions d'ECS du groupe ou non.	Réel	0	1	0.6
	$Part_{recup\_dec\_ECS}$	Part récupérable des pertes vers l'ambiance chauffée des éléments décentralisés de production et stockage d'ECS.	Réel	0	1	0.6
	$Part_{recup\_gen}$	Part récupérable des pertes vers l'ambiance chauffée de la génération.	Réel	0	1	0.6
Facteurs de répartition flux	$Part_{conv\_vent\_loc}$	Part transmise sous forme convective du flux récupérable des ventilateurs locaux.	Réel	0	1	1.0
	$Part_{conv\_autres}$	Part transmise sous forme convective pour l'ensemble des autres flux considérés.	Réel	0	1	0.5

Sorties

	Nom	Description	Unit é
Par groupe	$\Phi_{recup\_conv}^{gr}(h)$	Part convective des pertes et consommations électriques des systèmes récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh
	$\Phi_{recup\_rad}^{gr}(h)$	Part radiative des pertes et consommation électriques des systèmes récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\Phi_{vent\_loc\_recup}^{gr}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs locaux effectivement récupérable par le groupe sous forme de chaleur.	Wh
$\Phi_{aux\_dgr\_recup}^{gr}(h)$	Consommation électrique des circulateurs des réseaux secondaires effectivement récupérable par le groupe sous forme de chaleur.	Wh
$\Phi_{aux\_dintgr\_recup}^{gr}(h)$	Consommation électrique des circulateurs des réseaux primaires effectivement récupérable par le groupe sous forme de chaleur.	Wh
$\Phi_{aux\_gen\_recup}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de génération effectivement récupérable par le groupe sous forme de chaleur.	Wh
$\Phi_{pertes\_dgr\_recup}^{gr}(h)$	Pertes totales de distribution des réseaux secondaires de chaud et de froid récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh
$\Phi_{pertes\_dintgr\_recup}^{gr}(h)$	Pertes totales de distribution des réseaux primaires de chaud et de froid récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh
$\Phi_{pertes\_dgr\_e\_recup}^{gr}(h)$	Pertes totales de distribution des réseaux secondaires d'ECS récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh
$\Phi_{pertes\_dintgr\_e\_recup}^{gr}(h)$	Pertes totales de distribution des réseaux primaires d'ECS récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh
$\Phi_{pertes\_sto\_déc\_recup}^{gr}(h)$	Pertes récupérables des systèmes de stockages d'ECS décentralisés.	Wh
$\Phi_{pertes\_gnr\_déc\_recup}^{gr}(h)$	Pertes récupérables des générateurs décentralisés qui desservent le groupe <i>gr</i> .	Wh
$\Phi_{pertes\_gen\_recup}^{gr}(h)$	Pertes récupérables des générations qui desservent le groupe <i>gr</i> .	Wh
$\Phi_{int}^{gr}(h)$	Total des pertes et consommation des auxiliaires des systèmes récupérables par le groupe <i>gr</i> .	Wh

Pertes récupérables par groupe

Tableau 324 : Nomenclature du modèle

11.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Les pertes et consommations électriques récupérables peuvent être localisées (à l'intérieur d'un groupe), ou non-localisées (communes à plusieurs groupes).

Dans ce deuxième cas, un processus de répartition des pertes a lieu, aux proratas des surfaces utiles des groupes liés au composant.

11.1.3.1 Attribution des flux récupérables localisés

Les flux localisés sont ceux associés aux composants rattachés à un groupe directement : ventilateurs locaux, distributions du groupe, et productions d'ECS décentralisées.

Les consommations des ventilateurs locaux sont considérées comme récupérées intégralement dans l'ambiance ($Part_{recup\_vent\_loc} = 100\%$) :

$$\phi_{vent\_loc\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_vent\_loc} \times (\phi_{vent\_loc\_vc}^{gr}(h) + \phi_{th-BA-vc}^{gr}(h)) \quad (2355)$$

Les pertes des distributions du groupe en chauffage et refroidissement sont également intégralement récupérables. Elles ne sont récupérables qu'à 60% pour l'ECS, dans la mesure où les distributions sont situées majoritairement dans des locaux où l'air est extrait. ($Part_{recup\_dgr\_chfr} = 100\%$, $Part_{recup\_dgr\_ECS} = 60\%$).

$$\phi_{pertes\_dgr\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_dgr\_chfr} \times \sum_{ds \in gr} \phi_{pertes\_vc}^{ds}(h) \quad (2356)$$

$$\phi_{pertes\_dgr\_e\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_dist\_ECS} \times \sum_{ds \in gr} \phi_{pertes\_vc\_2nd\_e}^{ds-e}(h) \quad (2357)$$

Le flux issus des circulateurs de chauffage et de refroidissement est considéré récupérable à 60%.

$$\phi_{aux\_dgr\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_circ\_chfr} \times \sum_{ds \in gr} \phi_{aux\_vc}^{ds}(h) \quad (2358)$$

Dans le cas d'une production centralisée à appoints décentralisés (CESCI, PCAD), les pertes des ballons décentralisés et celles de leurs générateurs d'appoint sont localisées. Tout comme pour les distributions d'ECS, les pertes ne sont considérées récupérables qu'à 60%.

$$\phi_{pertes\_sto\_déc\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_dec\_ECS} \times \sum_{sto \in gr} \phi_{déc\_vc}^{sto}(h) \quad (2359)$$

$$\phi_{pertes\_gnr\_déc\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_dec\_ECS} \times \sum_{sto \in gr} \phi_{déc\_vc}^{gnr}(h)$$

11.1.3.2 Attribution des flux récupérables non-localisés

Les flux non-localisés sont ceux associés aux composants non-rattachés directement à un groupe : distributions intergroupes et génération. On considère conventionnellement que la position de ces composants se traduit par une part récupérable de 60%.

$$\begin{aligned} \phi_{aux\_dint\_gr\_recup}^{gr}(h) &= Part_{recup\_circ\_chfr} \times \sum_{dp \rightarrow gr} (Rat_{surf}^{dp,gr} \cdot \phi_{aux\_vc}^{dp}(h)) \\ \phi_{pertes\_dint\_gr\_recup}^{gr}(h) &= Part_{recup\_dint\_gr\_chfr} \times \sum_{dp \rightarrow gr} (Rat_{surf}^{dp,gr} \cdot \phi_{pertes\_vc}^{dp}(h)) \end{aligned} \quad (2360)$$

$$\begin{aligned}
\phi_{aux\_d\ int\ gr\_e\_recup}^{gr}(h) &= Part_{recup\_circ\_ECS} \times \sum_{dp \rightarrow gr} \left(Rat_{surface\_prim\_e}^{dp,gr} \cdot \phi_{aux\_vc}^{dp-e}(h) \right) \\
\phi_{pertes\_d\ int\ gr\_e\_recup}^{gr}(h) &= Part_{recup\_dist\_ECS} \\
&\times \sum_{dp-e \rightarrow gr} \left(Rat_{surface\_prim\_e}^{dp,gr} \cdot \phi_{pertes\_vc\_prim\_e}^{dp-e}(h) \right)
\end{aligned} \tag{2361}$$

$$\phi_{pertes\_gen\_recup}^{gr}(h) = Part_{recup\_gen} \times \sum_{gen \rightarrow gr} \left(Rat_{surf}^{gen,gr} \cdot \phi_{vc\_tot}^{gen}(h) \right) \tag{2362}$$

11.1.3.3 Calcul des apports internes récupérables des systèmes totaux par groupe

On réalise ensuite la sommation totale des pertes et consommations électriques récupérables au niveau du groupe et on effectue la répartition entre part convective et radiative.

La part des flux transmis sous forme convective est prise égale à 50% pour l'ensemble des composants, à l'exception des ventilateurs locaux.

Pour chaque groupe gr du bâtiment :

$$\begin{aligned}
\phi_{recup}^{gr}(h) &= \phi_{vent\_loc\_recup}^{gr}(h) + \phi_{aux\_2nd\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_2nd\_recup}^{gr}(h) \\
&+ \phi_{pertes\_2nd\_e\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_sto\_déc\_recup}^{gr}(h) \\
&+ \phi_{pertes\_gnr\_déc\_recup}^{gr}(h) + \phi_{aux\_prim\_recup}^{gr}(h) \\
&+ \phi_{aux\_prim\_e\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_prim\_recup}^{gr}(h) \\
&+ \phi_{pertes\_prim\_e\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_gen\_recup}^{gr}(h) \\
\phi_{recup\_conv}^{gr}(h) &= Part_{conv\_vent\_loc} \cdot \phi_{vent\_loc\_recup}^{gr}(h) \\
&+ Part_{conv\_autres} \cdot \left(\begin{aligned} &\phi_{aux\_dgr\_recup}^{gr}(h) + \phi_{aux\_d\ int\ gr\_recup}^{gr}(h) + \phi_{aux\_dist\_e\_}^{gr}(h) \\ &+ \phi_{pertes\_dgr\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_d\ int\ gr\_recup}^{gr}(h) \\ &+ \phi_{pertes\_dgr\_e\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_d\ int\ gr\_e\_recup}^{gr}(h) \\ &+ \phi_{pertes\_sto\_déc\_recup}^{gr}(h) + \phi_{pertes\_gnr\_déc\_recup}^{gr}(h) \\ &+ \phi_{pertes\_gen\_recup}^{gr}(h) \end{aligned} \right)
\end{aligned} \tag{2364}$$

$$\phi_{recup\_rad}^{gr}(h) = \phi_{recup}^{gr}(h) - \phi_{recup\_conv}^{gr}(h) \tag{2365}$$

$\Phi_{recup\_conv}^{gr}(h)$ et $\Phi_{recup\_rad}^{gr}(h)$ sont envoyés au pas de temps $h+1$ et injectée dans la fiche comportement thermique du groupe gr .

12. PRODUCTION LOCALE D'ELECTRICITE

12.1 S1_PV_installation_PV

12.1.1 INTRODUCTION

Un champ photovoltaïque intégré au bâtiment et connecté au réseau est l'assemblage de deux composants :

- "Ensemble de modules connectés à un même onduleur",
- "Onduleur".

Cette fiche algorithme décrit uniquement l'objet "un champ photovoltaïque intégré au bâtiment et connecté au réseau".

Une autre fiche algorithme décrit l'objet :

- "Ensemble de modules qui sont connectés à un même onduleur".

Une autre fiche algorithme décrit l'objet :

- "Onduleur".

12.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 325 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de global de production photovoltaïque.

Entrées du système					
Nom	Description	Unité			
Drp*	Rayonnement direct atteignant les capteurs	W/m²			
Dfp*	Rayonnement diffus atteignant les capteurs	W/m²			
Rrp*	Rayonnement réfléchi atteignant les capteurs	W/m²			
θ	Angle entre le rayonnement incident direct et la normale au module en degrés	°			
T _a	Température de l'air ambiant extérieur	°C			
Vent	La vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s			
Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque.	.	1	-	
C _T	Le degré de confinement thermique de la face arrière des modules 3 niveaux offerts à l'utilisateur 1 // 1.5 // 2.	.	1	2	
β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules.	°	0	90	
□	Azimut, de la surface plane formée par les modules	°	0	360	-
Sorties					
Nom	Description	Unité			
Pond	Puissance électrique délivré par l'onduleur sur le réseau	W			
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
P _{PV}	La puissance MPPT des modules effectivement absorbée par l'onduleur.	W			

Tableau 325 : Nomenclature des différentes variables du modèle

12.1.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

L'organisation de l'installation PV est la suivante :

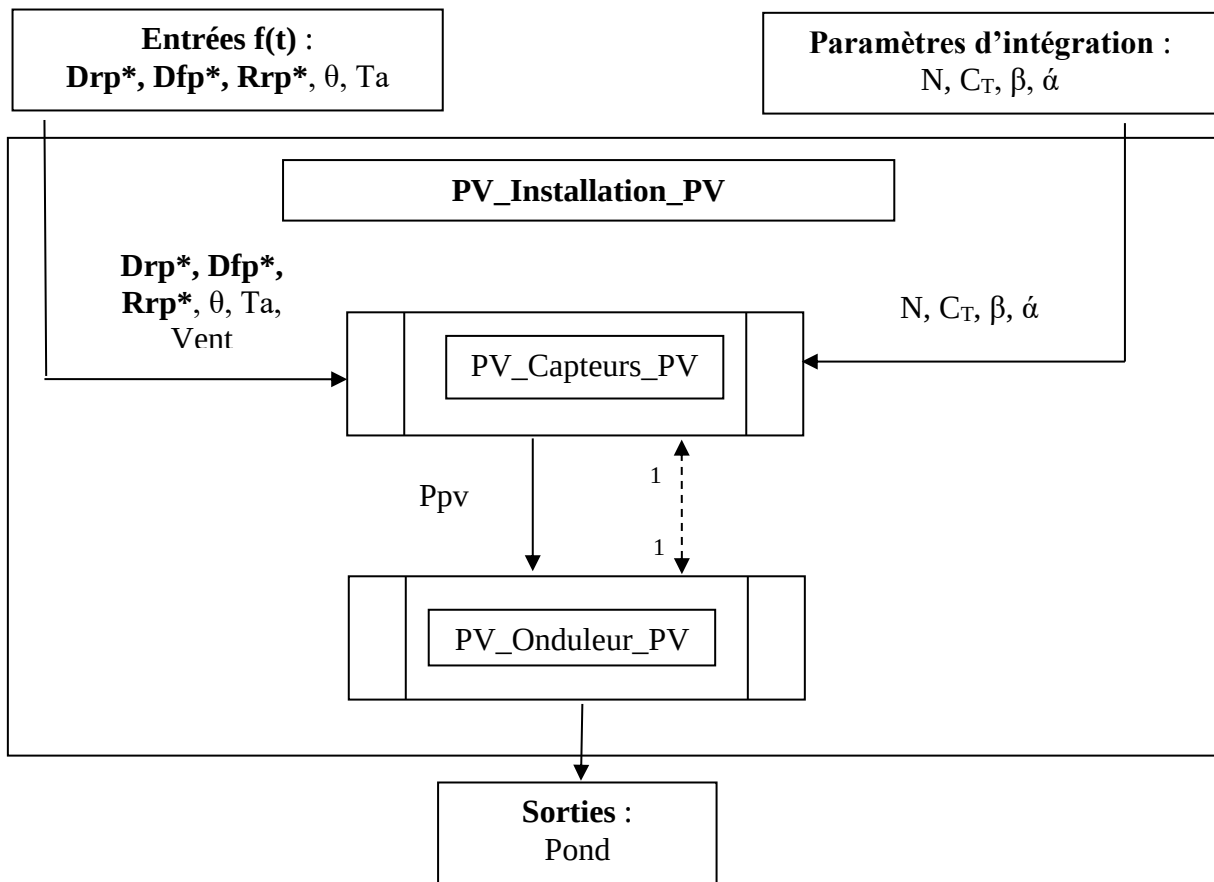


Figure 212 – schéma de l'organisation de l'installation photovoltaïques

12.2 S2_PV_global_PV

12.2.1 INTRODUCTION

Le présent assemblage permet la production d'électricité photovoltaïque en appelant les composants nécessaires :

- l'environnement proche,
- l'installation photovoltaïque, constituée des panneaux et de l'onduleur.

Dans un projet, cet ensemble doit être utilisé pour chaque type de panneaux qui différeraient par leurs caractéristiques d'installation ou par leurs caractéristiques propres.

12.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 326 donne la nomenclature des différentes variables du modèle production photovoltaïque.

Entrées du système					
Nom	Description	Unité			
I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m ²			
I_{di}	Rayonnement solaire diffus isotrope	W/m ²			
T_a	Température de l'air ambiant extérieur	°C			
ψ	Azimut du soleil (Angle du soleil par rapport au sud)	rd			
γ	Hauteur du soleil	rd			
Vent	La vitesse du vent à 10 m de hauteur	m/s			
Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
α	Azimut des modules (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	°	0°	360	-
β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules. (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale).	°	0°	90	-
Az	Angle des différentes tranches Azimutales	°	0	90	-
γ_i	Hauteur en (°) de l'horizon vu du centre de la paroi intégrant les masques naturels et urbains existants et futurs pour chaque tranche azimutale	°	0	90	-
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque. <i>Doit être rendu dispo en sortie aussi.</i>	.	1	-	
C_T	Le degré de confinement thermique de la face arrière des modules 3 niveaux offerts à l'utilisateur 1 // 1.5 // 2.	.	1	2	
l_{pb}	Largeur du panneau	m	0	$+\infty$	-
h_{pb}	Hauteur du panneau	m	0	$+\infty$	-
d_E	Distance entre le masque vertical lointain et le panneau	m	0	$+\infty$	-
h_{pE}	Hauteur du masque lointain vertical par rapport au centre du panneau	m	0	$+\infty$	-
alb	Albédo du sol pour le rayonnement solaire	-	-	-	0,2
Sorties					
Nom	Description	Unité			
Pond	Puissance électrique délivré par l'onduleur sur le réseau en énergie finale	W			

Tableau 326 : Nomenclature des différentes variables du modèle

12.2.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

L'organisation de l'installation globale PV est la suivante :

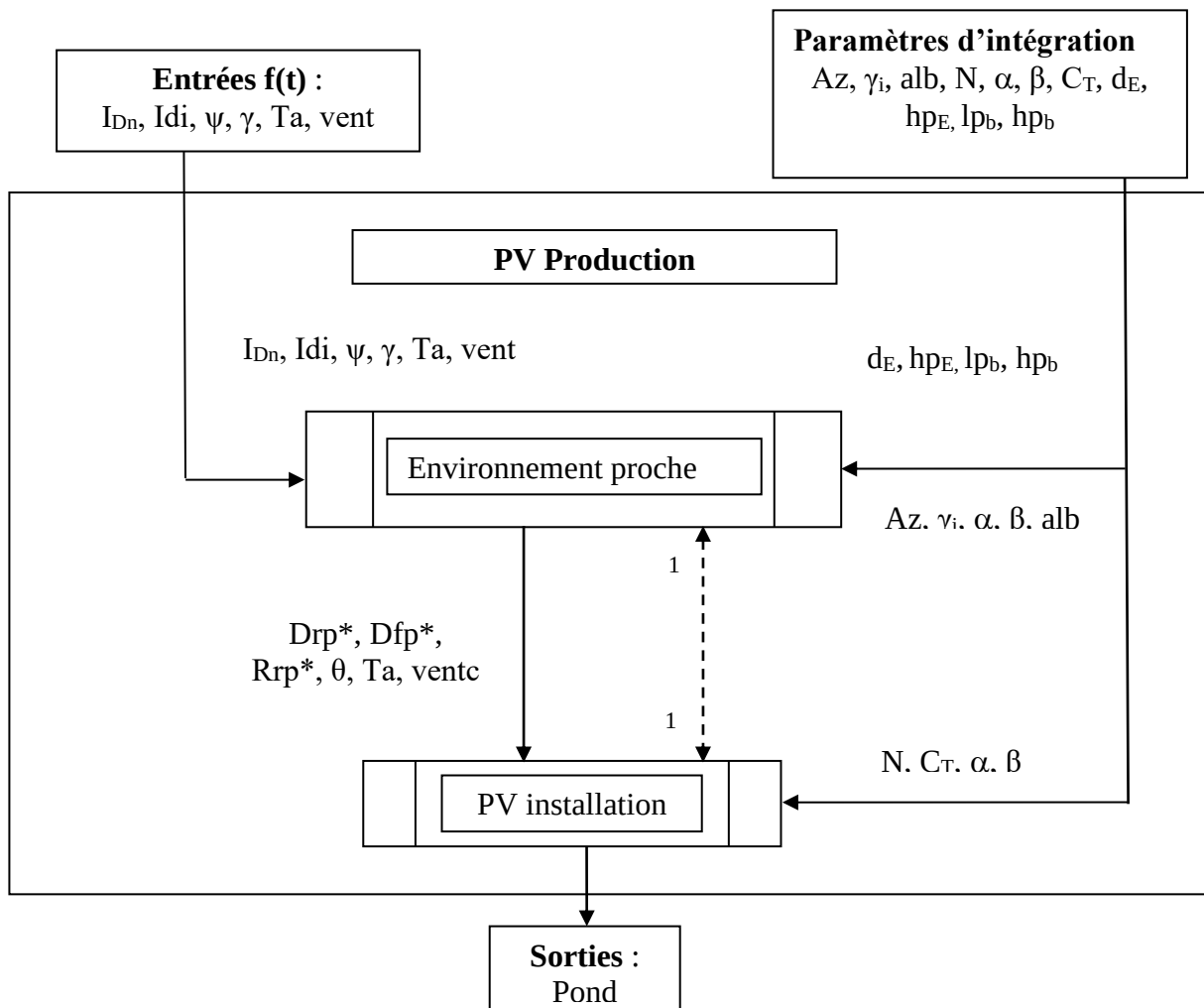


Figure 213 – schéma de l'organisation de l'installation photovoltaïques

12.3C_PV_capteur_PV

12.3.1 INTRODUCTION

Un champ photovoltaïque intégré au bâtiment et connecté au réseau est l'assemblage de deux composants :

- "ensemble des modules connectés à un même onduleur",
- "onduleur".

Cette fiche algorithme décrit uniquement l'objet :

- "Ensemble des modules connectés à un même onduleur".

Une autre fiche algorithme décrit l'objet :

- "Onduleur".

Une autre fiche algorithme décrit l'objet résultant de l'assemblage des deux précédents objets :

- "Un champ photovoltaïque intégré au bâtiment et connecté au réseau".

12.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 327 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
Drp*	Rayonnement direct incident	W/m²			
Dfp*	Rayonnement diffus incident	W/m²			
Rrp*	Rayonnement réfléchi incident	W/m²			
θ	Angle entre le rayonnement incident direct et la normale au module en degrés	°			
Text	Température de l'air ambiant extérieur	°C			
Tciel	Température de ciel pour la prise en compte du rayonnement vers la voute céleste	°C			
Vent	Vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Type_Techno_Capteur	Identification de la technologie des modules	Entier	0	5	
Pc	Puissance crête nominale garantie d'un module en condition STC : c'est la puissance crête nominale garantie des modules. Elle s'obtient en appliquant sur la puissance crête nominale des modules une tolérance de x %. X % est la tolérance sur la puissance crête nominale en condition STC qui est garantie par le fabricant de modules	W	0	-	0
μ	Coefficient de température de la puissance crête telle que définie dans CEI61215 et CEI61646	°C ⁻¹	0	0.006	
NOCT	Température d'équilibre thermique du module telle que définie dans CEI61215 et CEI61646	°C	40	90	
Γ	Correctif basse lumière du rendement des modules PV	.	0	+∞	Voir Table au 329
U1	Coefficient de transfert thermique entre le capteur et l'ambiance	W.m ⁻² .K ⁻¹	0	+∞	Voir équations
U2	Coefficient de transfert thermique entre le capteur et la voûte céleste	W.m ⁻² .K ⁻¹	0	+∞	5
ΔTc,r	Ecart de température de référence entre la température d'air ambiant et la voûte céleste	°C	-50	+50	-13°C
Fr	Coefficient de correction de l'échange thermique vers la voûte céleste pour une inclinaison de 30° d'angle par rapport l'horizontale	°	0	1	Voir équations
Paramètres d'intégration du composant					

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque. <i>Doit être rendu dispo en sortie aussi.</i>	.	1	-	
C_T	Le degré de confinement thermique de la face arrière des modules 3 niveaux offerts à l'utilisateur 1 // 1.5// 2.	.	1	2	
β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules.	°	0	90	
α	Azimut, de la surface plane formée par les modules	°	0	360	-
S	Surface ensoleillée du module en œuvre	m ²	0	$+\infty$	

Sorties

Nom	Description	Unité
P_{PV}	La puissance MPPT des modules effectivement absorbée par l'onduleur.	W

Variables internes

Nom	Description	Unité
P_{mpp}	La puissance MPP (au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I) d'un module en fonction du rayonnement incident efficace et de la température du module T_m .	W
T_m	Température moyennes des modules constituant le champ photovoltaïque.	°C
θ_1	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus de ciel depuis les modules PV. C'est une fonction de 1 variable,	°
θ_2	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus d'albédo. C'est une fonction de 1 variable,	°
F_{opt}	Coefficient de perte optique par réflexion. C'est une fonction de 1 variable,	.
G	Rayonnement incident efficace dans le plan des modules C'est une fonction de 5 variables,	.
η_{STC}	rendement électrique du module aux conditions STC	.
μ_{util_min}	Valeur minimale du coefficient de température de la puissance crête lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou de valeur justifiée	°C ⁻¹
NOCT_util_min	Valeur minimale de la température d'équilibre thermique du module lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou de valeur justifiée	°C
F	Coefficient de correction de l'échange thermique vers la voûte céleste pour l'inclinaison réelle β du capteur	°

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$\tau\alpha$	Coefficient de transmission-absorption solaire des modules	.	0.9
F_m	Coefficient de perte par connectique et mismatch	.	0.97

Tableau 327 : Nomenclature des différentes variables du modèle

12.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

12.3.3.1 Définition des caractéristiques du capteur photovoltaïque

La liste des technologies de panneaux photovoltaïque prises en compte est la suivante :

	mono cristallin Si	multi cristallin Si	CdTe	CIS	amorphe :Si	autre

Tableau 328 : Listes des technologies dans lequel l'utilisateur doit s'inscrire

Pour les capteurs photovoltaïques, la méthode de calcul offre quatre alternatives dans la définition des performances que sont P_c , μ et NOCT :

- La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme **NF EN ISO/CEI 17065** par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées NF EN 61215 ou NF EN 61466,
- La saisie de la valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes harmonisées NF EN 61215 ou NF EN 61466,

Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

$0.9 \cdot P_c$ justifiée

$1,10 \cdot \mu$ justifié

$1,10 \cdot \text{NOCT}$ justifié

- La valeur est déclarée. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

$0.8 \cdot P_c$ déclarée

$\text{Max}(1,20 \cdot \mu \text{ déclarée} ; \mu_{\text{util\_min}})$

$\text{Max}(1,20 \cdot \text{NOCT déclarée} ; \text{NOCT}_{\text{util\_min}})$

- Valeur par défaut. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

L'entrée d'une valeur de puissance, P_c , est obligatoire.

$0.8 \cdot P_c$ saisie

$(1,20 \cdot \mu_{\text{util\_min}})$

$(1,20 \cdot \text{NOCT}_{\text{util\_min}})$

Avec :

$^{\circ}\text{C}^{-1}$	Mon cristallin SI	Multi cristallin SI	CdTe	CIS	Amorphe Si	Autre
$\mu_{\text{util\_min}}$	0,00425	0,00433	0,00208	0,00325	0,00175	0,00433

NOCT_util_min = 40°C

Concernant Γ , correctif basse lumière du rendement des modules PV, il est défini conventionnellement en fonction de la technologie, selon les valeurs du tableau ci-dessous :

	mono cristallin Si		multi cristallin Si		CdTe		CIS		amorphe : Si		autre	
	source	défaut	source	défaut	source	défaut	source	défaut	source	défaut	source	défaut
Γ [.]	ND	0.07	ND	0.07	ND	0.00	ND	0.07	ND	0.00	ND	0.07

Tableau 329 : Valeurs par défaut de Γ disponibles pour l'utilisateur en fonction de la technologie

Le rendement STC du capteur photovoltaïque se déduit des paramètres précédemment définis

$$\eta_{STC} = P_c / (S \cdot 1000) \quad (2366)$$

Le capteur photovoltaïque est caractérisé par ses coefficients d'échange thermiques U1 et U2 avec l'air ambiant et avec la voûte céleste, qui sont tous deux fixés conventionnellement :

$$U1 = \frac{1}{Ct} \cdot \left[\frac{\tau \alpha \cdot 800}{(NOCT - 20)} - \frac{Fr \cdot U2 \cdot (NOCT - \Delta T_c, r - 20)}{(NOCT - 20)} \right] \quad (2367)$$

$$U2 = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (2368)$$

Où Fr est le coefficient de correction pour l'échange vers la voûte céleste correspondant à une inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale :

$$Fr = \frac{1 + \cos(30^\circ)}{2} \quad (2369)$$

On définit également l'équivalent de Fr, mais pour l'inclinaison réelle du capteur β :

$$F = \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \quad (2370)$$

12.3.3.2 Modélisation au pas de temps horaire

Le cœur du modèle est constitué par la relation suivante permettant de calculer la puissance électrique produite par le module au pas de temps h, P_{PV} :

$$P_{PV} = P_{mpp}(G, T_m) \cdot N \cdot F_m \quad (2371)$$

Avec :

- $P_{mpp}(G, T_m)$, la puissance MPP (au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I) d'un module en fonction du rayonnement incident efficace et de la température du module T_m ,
- G, le rayonnement incident efficace total sur le plan du module en W,
- T_m , la température de module en °C.

Définition de $P_{mpp}(G, T_m)$:

P_{mpp} [W]: la puissance d'un module (au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I) en fonction du rayonnement incident efficace G et de la température du module T_m :

$$P_{mpp}(G, T_m) = P_c \cdot \frac{G}{1000} \cdot \text{Max} \left(0, 1 + \Gamma \cdot \text{Ln} \left(\frac{\text{Max}(110^{-4}, G)}{1000} \right) \right) \cdot (1 - \mu(T_m - 25)) \quad (2372)$$

Définition de la température du module T_m :

La température du module calculée comme suit :

$$T_m = \frac{U1.T_{ext}}{U1 + F.U2} + \frac{F.U2.T_{ciel}}{U1 + F.U2} + \frac{G.(\tau\alpha - \eta_{STC})}{U1 + F.U2} \quad (2373)$$

Définition de G :

G , [W/m²]: rayonnement incident efficace dans le plan des modules :

$$G = (Fopt(\theta).Drp^* + Fopt(\theta_1).Dfp^* + Fopt(\theta_2).Rrp^*)$$

Définition de la fonction $Fopt(x)$:

$Fopt(x)$, [.]: $Fopt(x) = 1 - 0.05.(\frac{1}{\cos(\frac{MIN(87,x) \cdot \frac{\pi}{180}}) - 1})$: coefficient de perte optique par réflexion.

x , [°] : angle par rapport à la normale au module.

Définition de la fonction θ_1 :

θ_1 , [°] : $\theta_1 = 59.7 - 0.13888.\beta + 0.001497.\beta^2$ angle moyen de rayonnement diffus de ciel par rapport à la normale aux modules.

Définition de la fonction θ_2 :

θ_2 , [°] : $\theta_2 = 90 - 0.5788.\beta + 0.002693.\beta^2$ angle moyen de rayonnement diffus d'albédo par rapport à la normale aux modules.

Définition de C_T :

C_T , [.]: Coefficient de confinement thermique, 3 niveaux possibles sont offerts à l'utilisateur :

Face arrière libre : $\delta = 1$ (exemple : brise soleil avec face arrière directement en contact avec l'air ambiant).

Face arrière confiné : $\delta = 2$ (exemple : intégration sur toiture isolée et sans ventilation aménagée **spécifiquement** pour le champ PV ou double vitrage en face arrière).

Autre : $\delta = 1.5$

Valeur par défaut : $\delta = 2$

12.4 C_PV_onduleurs_PV

12.4.1 INTRODUCTION

Un champ photovoltaïque intégré au bâtiment et connecté au réseau est l'assemblage de deux composants :

- "ensemble des modules connectés à un même onduleur",
- "onduleur".

Cette fiche algorithme décrit uniquement l'objet :

- "Onduleur".

Une autre fiche algorithme décrit l'objet :

- "Ensemble de modules connectés à un même onduleur".

Une autre fiche algorithme décrit l'objet résultant de l'assemblage de deux précédents objets :

- "Un champ photovoltaïque intégré au bâtiment et connecté au réseau".

12.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 330 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de l'objet onduleur.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
P _{PV}	La puissance MPPT des modules effectivement absorbée par l'onduleur (<i>énergie finale</i>).	W				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
P _{AC NOM}	La puissance nominale AC (<i>côté courant alternatif</i>) de l'onduleur.	W	0	-		
η _{EU}	Le rendement européen de l'onduleur	.	0	1		
Sorties						
Nom	Description	Unité				
Pond	Puissance électrique délivrée par l'onduleur sur le réseau	W				
Variables internes						
Nom	Description	Unité				
η _{OND}	Le rendement électrique sortie/entrée de l'onduleur.	.				
LIM	Limiteur de puissance d'entrée si P _{PV} >1.15 P _{AC NOM} . Fonction à une variable.	.				
Constantes						
Nom	Description	Unité	Conv.			
η _{ONDBASE}	Rendement électrique par défaut	-	0.9			

Tableau 330 : Nomenclature des différentes variables du modèle

12.4.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le modèle d'un onduleur est constitué d'une équation explicite, au pas de temps horaire :

$$P_{OND} = P_{PV} \cdot \eta_{OND} \left[\frac{P_{PV}}{P_{ACNOM}} \right] \cdot LIM \left(\frac{P_{PV}}{P_{ACNOM}} \right) \quad (2374)$$

Valeur de P_{ACNOM} :

Si l'utilisateur ne connaît pas P_{ACNOM} , cette variable doit prendre la valeur par défaut suivante : $P_{ACNOM} = 0.8 \times N \times P_c$ avec (N, P_c) hérité du paramétrage du champs photovoltaïque connecté à cet onduleur.

Définition de la fonction η_{OND} :

η_{OND} , [.]: le rendement total (conversion + MPPT) de l'onduleur :

Cas n° 1 : l'utilisateur ne dispose d'aucune information de rendement :

- La courbe de rendement est bâtie sur la donnée du rendement par défaut $\eta_{ONDBASE}$.

Elle est définie par deux segments de droite (*inter et extrapolation linéaire*) :

$$\eta_{OND}(0) = 0 \quad \eta_{OND}(0.2) = \eta_{ONDBASE} \quad \eta_{OND}(1) = \eta_{ONDBASE}$$

Cas n° 2 : l'utilisateur ne dispose que du rendement européen η_{EU}

- La courbe de rendement est bâtie sur la donnée du rendement η_{EU} .

Elle est définie par deux segments de droite (*inter et extrapolation linéaire*) :

$$\eta_{OND}(0) = 0 \quad \eta_{OND}(0.2) = \eta_{EU} \quad \eta_{OND}(1) = \eta_{EU}$$

Cas n° 3 : l'utilisateur dispose de la courbe de rendement de l'onduleur à la tension nominale (*tension intermédiaire entre la tension min et la tension max de la fenêtre en tension de l'onduleur*)

Elle est définie par la succession des segments de droite suivant (*inter et extrapolation linéaire*) :

$\eta_{OND}(0) = 0 \quad \eta_{OND}(X_i) = \eta_i$ avec **à minima** (*points de passage obligés et nombre de points minis*) : $X_i = [0.05, 0.1, 0.25, 0.50, 0.75, 1]$ comme demandé par CEI61683.

Définition de la fonction LIM:

LIM, [.]: extinction (*protection*) de l'onduleur si la puissance d'entrée P_{PV} excède de 15 % la puissance nominal de l'onduleur :

$$LIM = 0 \quad \text{si } P_{PV} > 1.15 P_{ACNOM}$$

$$LIM = 1 \quad \text{sinon.}$$

13. Calcul des indicateurs

13.1 C_CALC_Sorties du mode Th-B

13.1.1 INTRODUCTION

Le mode Th-B vise le calcul des indicateurs de besoin bioclimatique en chauffage, refroidissement et éclairage, sur la base de systèmes forfaitaires simples.

Les données de sorties du mode Th-B sont :

- Les besoins de chauffage, refroidissement et en éclairage, Bch, Bfr et Becl, exprimés en kWh/m².an,
- L'indicateur de besoin bioclimatique Bbio, en points,

Ces éléments sont ramenés à la surface de référence (Shab en usage résidentiel) et (SU surface utile) pour tous les autres usages.

Les données de sorties du mode Th-B sont calculées à trois niveaux :

- Niveau du groupe (ensemble Sortie_Groupe_B), entité de base du calcul thermique et énergétique,
- Niveau de la zone (ensemble Sortie_Zone_B), à partir de la somme des sorties de chaque groupe inclus dans la zone,
- Niveau du bâtiment (ensemble Sortie_Batiment_B), à partir de la somme des sorties de chaque zone inclus dans le bâtiment.

13.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 331 donne la nomenclature des différentes variables nécessaires pour effectuer divers calculs au niveau du groupe.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, j le jour de simulation et m le mois de simulation.

Données d'entrée			
	Nom	Description	Unité
	$i_{occ}^{gr}(h)$	Indice d'occupation du groupe gr	0 ou 1
	$Usage^{gr}$	Usage du groupe au sens de la réglementation	Entier
	$SREF^{gr}$	Surface de référence du groupe	m ²
	$Categorie\_CE1\_CE2^{gr}$	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe	0 ou 1
Emissions	$Q_{sys\_ch}^{gr}(h)$	Besoin en énergie du groupe pour le poste chauffage aux bornes de l'émetteur conventionnel du mode Th-B	Wh
	$Q_{sys\_fr}^{gr}(h)$	Besoin en énergie du groupe pour le poste refroidissement aux bornes de l'émetteur conventionnel du mode Th-B	Wh
Ecl.	$C_{ECL}^{gr}(h)$	Consommation éclairage du groupe calculée dans les hypothèses du mode Th-B	Wh
Assemblage parois, baies, linéaires	A_{opv}^{gr}	Surfaces des parois déperditives opaques verticales du groupe	m ²
	A_{ophb}^{gr}	Surfaces des parois déperditives opaques horizontales du groupe orientées vers le bas	m ²
	A_{ophh}^{gr}	Surfaces des parois déperditives opaques horizontales du groupe orientées vers le haut	m ²
	A_{op}^{gr}	Somme des surfaces des parois opaques du groupe	m ²
	$A_{baies-v}^{gr}$	Surface totale des baies verticales du groupe	m ²
	$A_{baies-h}^{gr}$	Surface totale des baies horizontales du groupe	m ²
	L_{PT}^{gr}	Somme des longueurs des ponts thermiques du groupe	m
	Ψ_l	Coefficient de transmission thermique du pont thermique vertical l	W/m.K
	$q_{v\_spec,rep}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris et soufflé par l'ensemble bouche-conduit conventionnel g,s du groupe gr	m ³ /h
	$q_{v\_spec,sou}^{g,s}(h)$		
Ventilation spécifi. Débits d'air	$q_{v\_def,entr}^{g,s}(h)$	Débits d'air entrant et sortant dans le groupe gr via les défauts d'étanchéités	m ³ /h
	$q_{v\_def,sort}^{g,s}(h)$		

$q_{v\_EA,entr}^{g,s}(h)$
 $q_{v\_EAsort}^{g,s}(h)$

Débits d'air entrant et sortant dans le groupe gr via les entrées d'air

m³/h

Données de sortie

Nom	Description	Unité
Niveau groupe	(Sortie_Groupe_B)	
$[B\_Ch\_mois^{gr}]_{m=1 \text{ à } 12}$ $[B\_Fr\_mois^{gr}]_{m=1 \text{ à } 12}$ $[B\_Ecl\_moi^{gr}]_{m=1 \text{ à } 12}$	Besoins en énergie mensuels du groupe pour le poste chauffage, refroidissement et éclairage	kWh/(m ² .an)
$B\_Ch\_annuel^{gr}$ $B\_Fr\_annuel^{gr}$ $B\_Ecl\_annuel^{gr}$	Besoins en énergie annuels du groupe pour le poste chauffage, refroidissement et éclairage	kWh/(m ² .an)
$[Bbio\_pts\_mois^{gr}]_{m=1 \text{ à } 12}$	Besoins bioclimatiques Bbio mensuels du groupe	points
$Bbio\_pts\_annuel^{gr}$	Besoin bioclimatique Bbio annuel du groupe	points
Niveau zone	(Sortie_Zone_B)	
$[B\_Ch\_mois^{zn}]_{m=1 \text{ à } 12}$ $[B\_Fr\_mois^{zn}]_{m=1 \text{ à } 12}$ $[B\_Ecl\_moi^{zn}]_{m=1 \text{ à } 12}$	Besoins en énergie mensuels de la zone pour le poste chauffage, refroidissement et éclairage	kWh/(m ² .an)
$B\_Ch\_annuel^{zn}$ $B\_Fr\_annuel^{zn}$ $B\_Ecl\_annuel^{zn}$	Besoins en énergie annuels de la zone pour le poste chauffage, refroidissement et éclairage	kWh/(m ² .an)
$[Bbio\_pts\_mois^{zn}]_{m=1 \text{ à } 12}$	Besoins bioclimatiques Bbio mensuels de la zone	points
$Bbio\_pts\_annuel^{zn}$	Besoin bioclimatique Bbio annuel de la zone	points
Niveau bâtiment	(Sortie_Batiment_B)	
$[B\_Ch\_mois^{bat}]_{m=1 \text{ à } 12}$ $[B\_Fr\_mois^{bat}]_{m=1 \text{ à } 12}$ $[B\_Ecl\_moi^{bat}]_{m=1 \text{ à } 12}$	Besoins en énergie mensuels du bâtiment pour le poste chauffage, refroidissement et éclairage	kWh/(m ² .an)
$B\_Ch\_annuel^{bat}$ $B\_Fr\_annuel^{bat}$ $B\_Ecl\_annuel^{bat}$	Besoins en énergie annuels du bâtiment pour le poste chauffage, refroidissement et éclairage	kWh/(m ² .an)
$[Bbio\_pts\_mois^{bat}]_{m=1 \text{ à } 12}$	Besoins bioclimatiques Bbio mensuels du bâtiment	points
$Bbio\_pts\_annuel^{bat}$	Besoin bioclimatique Bbio annuel du bâtiment	points

Constantes

	Nom	Description	Valeur
Coefficient BBio	$\alpha 1$	Constante associée aux besoins de chaud	2
	$\alpha 2$	Constante associée aux besoins de froid	2
	β	Constante associée aux besoins d'éclairage	5

Tableau 331 : Nomenclature du modèle

13.1.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

13.1.3.1 Surface de référence du groupe, de la zone et du bâtiment

La surface de référence d'un groupe pour l'expression des sorties est la surface habitable en usages d'habitation ou la surface utile règlementaire dans le cas contraire :

$$\text{Si } Usage^{gr} = 1 \text{ ou } 2 \\ SREF^{gr} = SHAB^{gr} \quad (2375)$$

$$\text{Sinon} \\ SREF^{gr} = SU^{gr} \quad (2376)$$

Pour chaque zone ou bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des groupes inclus dans cette zone :

$$SREF^{zn} = \sum_{gr \in zn} SREF^{gr} \quad (2377)$$

Pour chaque bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des zones incluses dans ce bâtiment :

$$SREF^{bat} = \sum_{zn \in bat} SREF^{zn} \quad (2378)$$

13.1.3.2 Calcul des besoins en énergie et du Bbio

Pour chaque groupe, les besoins de chaud, de froid et d'éclairage sont sommés par mois et sur l'ensemble de l'année de simulation. Les résultats finaux s'expriment en kWh par an et par m² de surface de référence.

Les besoins mensuels sont obtenus en sommant sur chaque mois les besoins en énergie au pas de temps horaire :

$$B\_Ch\_mois^{gr} = \frac{\sum_{h \in mois} Q_{sys\_ch}^{gr}(h)}{SREF^{gr}} \quad (2379)$$

$$B\_Fr\_mois^{gr} = \frac{\sum_{h \in mois} Q_{sys\_fr}^{gr}(h)}{SREF^{gr}} \quad (2380)$$

$$B\_Ecl\_mois^{gr} = \frac{\sum_{h \in mois} C_{ECL}^{gr}(h)}{SREF^{gr}} \quad (2381)$$

Les besoins annuels s'obtiennent par sommation des besoins mensuels :

$$B\_Ch\_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} B\_Ch\_mois^{gr} \quad (2382)$$

$$B\_Fr\_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} B\_Fr\_mois^{gr} \quad (2383)$$

$$B\_Ecl\_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} B\_Ecl\_mois^{gr} \quad (2384)$$

Enfin, le besoin bioclimatique est calculé de la façon suivante :

$$Bbio\_pts\_mois_m^{gr} = \alpha_1 \cdot B\_Ch\_annuel^{gr} + \alpha_2 \cdot B\_Fr\_annuel^{gr} + \beta \cdot B\_Ecl\_annuel^{gr} \quad (2385)$$

$$Bbio\_pts\_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} Bbio\_pts\_mois_m^{gr} \quad (2386)$$

Pour chaque zone, les besoins mensuels, annuels et le besoin bioclimatique s'obtiennent par sommation sur l'ensemble des groupes appartenant à la zone.

Pour chaque bâtiment, les besoins mensuels, annuels et le besoin bioclimatique s'obtiennent par sommation sur l'ensemble des groupes appartenant à la zone.

13.1.3.2.1 Surface de catégorie CE1 ou CE2 de chaque zone

La surface des groupes en catégorie CE1 (resp. CE2) de la zone s'exprime de la manière suivante :

Si $Usage^{zn} = 1$ ou 2

$$\begin{aligned} S_{CE1}^{zn} &= \sum_{\substack{gr \in zn \\ Categorie\_CE1\_CE2 \text{ } gr=1}} SREF^{gr} \\ S_{CE2}^{zn} &= \sum_{\substack{gr \in zn \\ Categorie\_CE1\_CE2 \text{ } gr=2}} SREF^{gr} \end{aligned} \quad (2387)$$

13.1.3.3 Calculs des surfaces d'enveloppe cumulées de chaque zone

Surface totale des parois opaques de la zone :

$$\begin{aligned} A_{op}^z &= \sum_{gr} A_{op}^{gr} \\ A_{opv\_surf}^z &= \frac{A_{opv}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2388)$$

Surface totale des parois opaques verticales

$$\begin{aligned} A_{opv}^z &= \sum_{gr} A_{opv}^{gr} \\ A_{opv\_surf}^z &= \frac{A_{opv}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2389)$$

Surface totale des planchers hauts :

$$\begin{aligned} A_{ophh}^z &= \sum_{gr} A_{ophh}^{gr} \\ A_{ophh\_surf}^z &= \frac{A_{ophh}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2390)$$

Surface totale des planchers bas :

$$\begin{aligned} A_{ophb}^z &= \sum_{gr} A_{ophb}^{gr} \\ A_{ophb\_surf}^z &= \frac{A_{ophb}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2391)$$

Surface totale des parois déperditives (baies comprises):

$$\begin{aligned} A_T^{gr} &= A_{op}^{gr} + A_{baies-v}^{gr} + A_{baies-h}^{gr} \\ A_T^z &= \sum_{gr} A_T^{gr} \\ A_{T\_surf}^z &= \frac{A_T^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2392)$$

Surface totale des parois participant à la perméabilité de l'enveloppe (soit la surface déperditive hors plancher bas) :

$$A_{T,perm}^{gr} = A_{opph}^{gr} + A_{opv}^{gr} + A_{baies-v}^{gr} + A_{baies-h}^{gr}$$

$$A_{T,perm}^z = \sum_{gr} A_{T,perm}^{gr} \quad (2393)$$

$$A_{T,perm\_surf}^z = \frac{A_{T,perm}^z}{SREF^{zn}}$$

Surface de baie totale de la zone :

$$A_{baies}^{zn} = \sum_{gr} A_{baies}^{gr}$$

$$A_{baies\_surf}^{zn} = \frac{A_{baies}^{zn}}{SREF^{zn}} \quad (2394)$$

Proportions de baies pour chaque orientation et horizontale :

$$Part_{baies\_sud}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-sud}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2395)$$

$$Part_{baies\_nord}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-sud}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2396)$$

$$Part_{baies\_ouest}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-sud}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2397)$$

$$Part_{baies\_est}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-sud}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2398)$$

Longueur totale de ponts thermiques :

$$L_{PT}^{zn} = \sum_{gr} l_{PT}^{gr}$$

$$L_{PT\_surf}^{zn} = \frac{L_{PT}^{zn}}{SREF^{zn}} \quad (2399)$$

13.1.3.4 *Calcul de la perméabilité à l'air au niveau de la zone et du bâtiment*

$Q_{4Pa\_surf}^z$ s'exprime en m³/h/m² de surfaces déperditives de la zone excepté les planchers bas :

$$Q_{4Pa\_surf}^{zn} = \frac{1}{A_{T,perm}^{zn}} \cdot \left(\sum_{gr \in zn} Q_{4Pa\_surf}^{gr} \cdot A_{T,perm}^{gr} \right) \quad (2400)$$

$$Q_{4Pa\_surf}^{bat} = \frac{1}{A_{T,perm}^{bat}} \cdot \left(\sum_{zn \in bat} Q_{4Pa\_surf}^{zn} \cdot A_{T,perm}^{zn} \right) \quad (2401)$$

13.1.3.5 *Calculs des déperditions au niveau de la zone*

Par les planchers hauts et toitures :

$$H_{th\_opph}^z = \sum_{gr} H_{th\_opph}^{gr} \quad (2402)$$

13.1.3.5.1 *Par les murs verticaux :*

$$H_{th\_opv}^z = \sum_{gr} H_{th\_opv}^{gr} \quad (2403)$$

13.1.3.5.2 Par les baies :

Les déperditions par les baies pouvant varier à chaque pas de temps, on retient comme valeur représentative des déperditions une moyenne sur les mois de janvier et février :

$$H_{g_{es\_hiver}}^z = \underset{m=1 \text{ et } 2}{moyenne} \left(\sum_{gr} H_{g_{es\_hiver}}^{gr}(h) \right) \quad (2404)$$

13.1.3.5.3 Par les planchers bas

$$H_{th\_ophb}^z = \sum_{gr} H_{th\_ophb}^{gr} \quad (2405)$$

13.1.3.5.4 Par les ponts thermiques

$$H_{th\_PT}^z = \sum_{gr} H_{th\_PT}^{gr} \quad (2406)$$

13.1.3.5.5 Par les défauts d'étanchéité en hiver

Pour $IMOIS \leq 2$

$$H_{v\_def\_hiver}^z = \underset{IMOIS \leq 2}{moyenne} (H_{v\_def}^z(h)) \quad (2407)$$

13.1.3.5.6 Par la ventilation spécifique Bbio en hiver

Pour $IMOIS \leq 2$

$$H_{vent\_hiver}^z = \underset{IMOIS \leq 2}{moyenne} \left(\sum_{gr \in Z} H_{vent}^{gr}(h) \right) \quad (2408)$$

13.1.3.6 L'exigence Ratio_psi

Le ratio de transmission thermique linéique moyen global des ponts thermiques, nommé $Ratio_{psi}$, traduit les déperditions par transmission, à travers tous les ponts thermiques des liaisons. Il s'exprime en Watt par m² de surface de référence $SREF^{bat}$ et par degré Kelvin d'écart de température, conformément aux règles Th-Bat :

$$Ratio_{psi} = \frac{\sum_{gr \in \text{bât}} \psi_l * b * l_{PT}^{gr}}{SREF^{bat}} \quad (440)$$

Avec b le coefficient de réduction des déperditions caractérisant l'ambiance non chauffée en contact avec le pont thermique.

13.1.3.7 Calcul des débits moyens entrants et sortants du groupe en occupation

Les débits moyens (en période d'occupation, sur l'année) entrants et sortants du groupe sont donnés à titre indicatif et sont exprimés en m³/h.

13.1.3.7.2 Débits moyens en occupation par les défauts d'étanchéité

La moyenne de ces débits, uniquement en période d'occupation ($i_{occzone}=1$), sur l'année donne :

$$\begin{aligned}\overline{Q_{v,def,entr}^g} &= moyenne(Q_{v,def,entr}^g(\Delta P)) \\ \overline{Q_{v,def,sort}^g} &= moyenne(Q_{v,def,sort}^g(\Delta P))\end{aligned}\quad (2409)$$

13.1.3.7.3 Débits moyens en occupation par les entrées d'air

La moyenne de ces débits, uniquement en période d'occupation ($i_{occzone}=1$), sur l'année donne :

$$\begin{aligned}\overline{Q_{v,EA,entr}^g} &= moyenne(Q_{v,EA,entr}^g(\Delta P)) \\ \overline{Q_{v,EA,sort}^g} &= moyenne(Q_{v,EA,sort}^g(\Delta P))\end{aligned}\quad (2410)$$

13.1.3.7.4 Débits moyens en occupation spécifiques

Le débit entrant dans le groupe par la ventilation spécifique est le débit soufflé, le débit sortant est égal au débit repris (il est négatif).

Les moyennes sont faites sur les périodes d'occupation ($i_{occzone}=1$)

$$\begin{aligned}\overline{Q_{v,spec,entr}^g} &= moyenne\left(\sum_s q_{spec\_souffle}^{g,s}\right) \\ \overline{Q_{v,spec,sort}^g} &= moyenne\left(\sum_s q_{spec\_repris}^{g,s}\right)\end{aligned}\quad (2411)$$

13.2 C_CALC_Sorties du mode Th-C

13.2.1 INTRODUCTION

L'objet de cette fiche est la détermination des indicateurs de performance énergétique conventionnels issus du mode de calcul Th-C. Ces indicateurs sont exprimés par bâtiment.

- **Cep** (kWhep/m²/an) : consommation d'énergie primaire totale comprenant les usages suivants : chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, ventilation, distribution, déplacement des occupants.
- **Cep,nr** (kWhep/m²/an) : consommation d'énergie primaire non-renouvelable et hors récupération comprenant les usages suivants : chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, ventilation, distribution, déplacement des occupants,

13.2.2 NOMENCLATURE

Par convention de notation dans toute la suite de la fiche :

- h représente le pas de temps horaire de simulation, m les mois de l'année,
- [poste] représente la liste des indices de poste de consommations : ch, fr, ecs, ecl, auxvent, auxdist, déplacement, mobilier
- [energie] représente la liste des indices de vecteurs énergétiques : gaz, fioul, bois, elec et reseau.

Le Tableau 332 donne la nomenclature des différentes variables de la fiche. Les sorties de la fiche représentent les sorties du moteur de calcul pour le calcul énergétique.

Entrées		
Nom	Description	Unité
$Q_{req-ch}^{gr}(h)$ $Q_{req-fr}^{gr}(h)$	Besoins en énergie de chauffage et refroidissement aux bornes des émetteurs des groupes	Wh
$Q_{w\_bruts}^{gr}(h)$	Besoins en ECS totaux bruts du groupe	Wh
$Q_{cef[poste;energie]}^{gr}(h)$ $Q_{cef[poste;energie]}^{zn}(h)$ $Q_{cef[poste;energie]}^{bat}(h)$	Matrice des consommations d'énergie horaires par poste (chauffage, refroidissement et ECS) et par type d'énergie (gaz, fioul, bois, électricité, réseau) pour le groupe gr / la zone zn / le bâtiment bat	Wh
$W_{elec-cons[poste]}^{gr}(h)$ $W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h)$ $W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h)$	Vecteur des consommations horaires en énergie électrique pour les postes chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, auxiliaires de distribution, auxiliaires de ventilation, déplacement des occupants et usages mobiliers du groupe gr / de la zone zn / du bâtiment bat	Wh
$W_{elec-imp[poste]}^{zn}(h)$ $W_{elec-imp[poste]}^{bat}(h)$	Vecteur des quantités d'énergie importées par poste de la zone zn / du bâtiment bat	Wh
$Cef_{tot\_comb}^{cogé,bat}$	Consommation d'énergie finale des cogénérations du bâtiment objet de l'étude pour la satisfactions des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire	Wh
$E_{elec-prod-coge}^{zn}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité par les cogénérateurs attribuée au groupe gr/ à la zone zn / au bâtiment bat	Wh
$E_{elec-prod-PV}^{zn}(h)$ $E_{elec-prod-PV}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité par les installations photovoltaïque attribuées à la zone zn / au bâtiment bat	Wh
$E_{elec-prod-tot}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité du bâtiment bat	Wh
$E_{elec\_prod\_AC}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité autoconsommée par le bâtiment bat	Wh
$E_{elec-prod-PV-AC}^{bat}(h)$ $E_{elec-prod-coge-AC}^{bat}(h)$	Production d'électricité par les installations photovoltaïques / par les cogénérateurs et autoconsommée par le bâtiment bat	Wh
$W_{elec-IMP[poste]}^{bat}(h)$ $W_{elec-IMP[poste]}^{zn}(h)$	Vecteur des quantités d'énergie électriques importées par poste par le bâtiment bat / la zone zn	Wh

$W_{elec\_tous\_usages\_IMP}^{bat}(h)$	Quantités d'énergie électriques importées tous postes confondus pour le bâtiment bat / la zone zn	Wh
$W_{elec\_tous\_usages\_IMP}^{zn}(h)$		
O_Type_Reseau ^{bat}	Type de réseau urbain connecté au bâtiment, et ratios d'énergie renouvelables de ce réseau pour le chauffage et/ou pour le refroidissement	
O_RatENR_rdch ^{bat}		
O_RatENR_rdf ^{bat}		
Type_Combustible_Bois ^{gnr}	Type de combustible bois associé au générateur gnr : - <i>Bûche</i> , - <i>Plaquette</i> , - <i>Granulés</i>	Liste
Is_Generateur_Poele ^{gnr}	Booléen indiquant si le générateur gnr est un poêle ou insert à bois	Bool
$Q_{cef[poste;energie]}^{gnr}(h)$	Matrice des consommations d'énergie horaires par poste (chauffage, refroidissement et ECS) et par type d'énergie (gaz, fioul, bois, électricité, réseau) pour le générateur gnr	Wh

Sorties

Nom	Description	Unité

Niveau "Bâtiment"

SREF ^{bat}	Surface de référence du bâtiment	m ²
O_Cef_annuel	Consommation annuelle totale en énergie finale du bâtiment basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
O_Cep_annuel	Consommation annuelle totale en énergie primaire du bâtiment basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWh _{ep} .m ⁻² .an ⁻¹
O_Cep_annuel_occ	Consommation annuelle totale en énergie primaire du bâtiment ramenée au nombre d'occupant (hors usages mobiliers)	kWh _{ep} .m ⁻² .occ ⁻¹
O_Cep_nr_annuel	Consommation annuelle totale en énergie primaire non-renouvelable du bâtiment basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWh _{ep} .m ⁻² .an ⁻¹
O_Type_Reseau	Type de réseau urbain connecté au bâtiment, et ratios d'énergie renouvelables de ce réseau pour le chauffage et/ou pour le refroidissement	Menu
O_RatENR_rdch		0-1
O_RatENR_rdf		0-1
O_Cef_imp_[poste]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par poste de consommation du bâtiment	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
O_Eef_Prod_PV_annuel	Productions annuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération attribuées au bâtiment	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
O_Eef_Prod_Coge_annuel		
O_TAC_elec_annuel	Taux d'autoconsommation annuels du bâtiment par rapport à la production totale d'électricité / à la production par les installations photovoltaïques / à la production par les modules de cogénération (comprise entre 0 et 100)	%
O_TAC_elec_PV_annuel		
O_TAC_elec_Coge_annuel		
O_TAC_Coge_global_annuel	Taux d'autoconsommation annuel du bâtiment par rapport à la production totale de chaleur et d'électricité des modules de cogénération (compris entre 0 et 100)	%

Indicateurs Annuels

Indicateurs mensuels	O_Eef_Elec_Exportee_annuel	Quantité finale d'énergie électrique exportée par le bâtiment	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie du bâtiment	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie et par poste du bâtiment	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_mois	Quantités d'énergie finale mensuelles importées par type d'énergie et par poste pour le bâtiment	kWhef.m ⁻²
	O_Eef_Prod_PV_mois O_Eef_Prod_Coge_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération attribuées au bâtiment	kWhef.m ⁻²
	O_Eef_Prod_PV_AC_mois O_Eef_Prod_Coge_AC_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération autoconsommées au niveau du bâtiment	kWhef.m ⁻²
	O_Eef_Elec_Exportee_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité exportée par le bâtiment	kWhef.m ⁻²
	O_B_Ch_annuel O_B_Fr_annuel O_B_Ecs_annuel	Besoins annuels en énergie de chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire aux bornes des émetteurs du bâtiment	kWh.m ⁻² .an ⁻¹
	O_B_Ch_mois O_B_Fr_mois O_B_Ecs_mois	Besoins mensuels en énergie de chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire aux bornes des émetteurs du bâtiment	kWh.m ⁻²
	Niveau « Zone »		
Indicateurs annuels	SREF ^{zn} SHAB ^{zn} SU ^{zn}	Surface de référence, SHAB et SU de la zone	m ²
	Usage	Usage de la zone	Menu
	O_Cef_annuel	Consommation annuelle totale en énergie finale de la zone basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cep_annuel	Consommation annuelle totale en énergie primaire de la zone basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWhep.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cep_annuel_occ	Consommation annuelle totale en énergie primaire de la zone ramenée au nombre d'occupant (hors usages mobiliers)	kWhep.m ⁻² .occ ⁻¹
	O_Cep_nr_annuel	Consommation annuelle totale en énergie primaire non-renouvelable de la zone basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWhep.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par poste de consommation de la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_[energie]_imp_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie de la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie et par poste de la zone	kWhef.m ⁻²

Indicateurs mensuels	O_Cef_imp_ch_boisbuchpoel_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées, sous-décomposées par type de combustible bois et par poste, pour les générateurs bois de type poêle ou insert et connectés à la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_ecs_boisbuchpoel_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisplaqpoel_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisplaqpoel_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisgranpoel_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisgranpoel_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisbuchchaud_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisbuchchaud_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisplaqchaud_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisplaqchaud_annuel		
Indicateurs mensuels	O_Cef_imp_ch_boisgranchaud_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées, sous-décomposées par type de combustible bois et par poste, pour les générateurs bois de type chaudières connectés à la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_ecs_boisgranchaud_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisgranchaud_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisgranchaud_annuel		
	O_Eef_Prod_PV_annuel	Productions annuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération attribuées à la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Eef_Prod_Coge_annuel		
	O_TAC_elec_annuel	Taux d'autoconsommation annuels de la zone par rapport à la production totale d'électricité / à la production par les installations photovoltaïques / à la production par les modules de cogénération (comprise entre 0 et 100)	%
	O_TAC_elec_PV_annuel		
	O_TAC_elec_Coge_annuel		
Indicateurs mensuels	O_Eef_Elec_Exportee_annuel	Quantité finale d'énergie électrique exportée par la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_mois		
	O_Eef_Prod_PV_mois		
	O_Eef_Prod_Coge_mois		
	O_Eef_Prod_PV_AC_mois		
	O_Eef_Prod_Coge_AC_mois		
	O_Eef_Elec_Exportee_mois		
	O_B_Ch_annuel		
	O_B_Fr_annuel		
	O_B_Ecs_annuel		
Besoins	O_B_Ch_mois	Besoins mensuels en énergie de chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire aux bornes des émetteurs de la zone	kWh.m ⁻² .an ⁻¹
	O_B_Fr_mois		
	O_B_Ecs_mois		

Niveau « Groupe »

13.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Les calculs décrits par la présente fiche consistent à sommer ou cumuler les données de sortie du calcul mené au pas de temps horaire.

13.2.3.1 Valeur des coefficients de conversions en énergie primaire

Type d'énergie	CoefEP	CoefEPnr
Bois	1	0
Electricité	2,3	2,3
Réseau urbain (chauffage)	1	1 - RatENR_rdchbat
Réseau urbain (froid)	1	1
Energies fossiles	1	1

Tableau 333 : coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour les différents types d'énergie

Pour les réseaux de chaleur urbains, la valeur du coefficient **CoefEPnr** est fonction du ratio d'énergie renouvelable du réseau (distingué pour le chauffage/ECS et pour le refroidissement), défini au niveau du bâtiment. Ce ratio est défini conformément à l'article 9 du présent arrêté.

13.2.3.2 Surface de référence du groupe, de la zone et du bâtiment

La surface de référence d'un groupe pour l'expression des sorties est la surface habitable en usages d'habitation ou la surface utile réglementaire dans le cas contraire :

$$\text{Si Usage}^{gr} = 1 \text{ ou } 2 \\ SREF^{gr} = SHAB^{gr} \quad (2412)$$

$$\text{Sinon} \\ SREF^{gr} = SU^{gr} \quad (2413)$$

Pour chaque zone ou bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des groupes inclus dans cette zone :

$$SREF^{zn} = \sum_{gr \in zn} SREF^{gr} \quad (2414)$$

Pour chaque bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des zones incluses dans ce bâtiment :

$$SREF^{bat} = \sum_{zn \in bat} SREF^{zn} \quad (2415)$$

13.2.3.3 Calcul des indicateurs au niveau Groupe (Sorties_Groupe)

Au niveau groupe, les auxiliaires de déplacement et les consommations associées au usages mobiliers ne sont pas définies.

13.2.3.3.1 Résultats mensuels

Consommations par poste :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS :

$$O_{Cef\_ [poste] \_ mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [\sum_{energie} (Q_{cef [poste; energie]}^{gr}(h))]}{SREF^{gr}} \quad (2416)$$

- pour les autres postes du groupe (ne consommant que de l'électricité), éclairage, auxiliaires de ventilation et auxiliaires de distribution :

$$O_{Cef\_}[poste]_{mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-cons[poste]}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2417)$$

Besoins en énergie :

$$O_{B\_Ch\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{req-ch}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2418)$$

$$O_{B\_Fr\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{req-fr}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2419)$$

$$O_{B\_Ecs\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{w,brut}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2420)$$

13.2.3.3.2 Résultats annuels

Consommations poste et par énergie :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS :

$$O_{Cef\_}[poste]_{[energie]_{anneel}} = \frac{\sum_h (Q_{cef[poste;energie]}^{gr}(h))}{SREF^{gr}} \quad (2421)$$

- pour les autres postes du groupe (purement électrique), éclairage, auxiliaires de ventilation et auxiliaires de distribution :

$$O_{Cef\_}[poste]_{elec\_anneel} = \frac{\sum_h [W_{elec-cons[poste]}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2422)$$

Consommations par poste :

$$O_{Cef\_}[poste]_{anneel} = \sum_{mois} [O_{Cef\_}[poste]_{mois}] \quad (2423)$$

Consommations par énergie :

$$O_{Cef\_}[energie]_{anneel} = \sum_{poste} [O_{Cef\_}[poste]_{[energie]_{anneel}}] \quad (2424)$$

Coefficient Cef et Cep :

$$O_{Cef\_anneel} = \sum_{energie} O_{Cef\_}[energie]_{anneel} \quad (2425)$$

$$O_{Cep\_anneel} = \sum_{energie} [O_{Cef\_}[energie]_{anneel} \times CoefEP[energie]] \quad (2426)$$

Besoins en énergie :

$$O_{B\_Ch\_anneel} = \sum_{mois} [O_{B\_Ch\_mois}] \quad (2427)$$

$$O_{B\_Fr\_anneel} = \sum_{mois} [O_{B\_Fr\_mois}] \quad (2428)$$

$$O_{B\_Ecs\_anneel} = \sum_{mois} [O_{B\_Ecs\_mois}] \quad (2429)$$

13.2.3.4 Calcul des indicateurs au niveau Zone (Sorties_Zone)

Pour le niveau Zone, les résultats sont formulés en quantités d'énergie importées, pour l'ensemble des postes de consommation : chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, auxiliaires de ventilation, auxiliaires de distribution, déplacement des occupants et usages mobiliers.

Pour l'électricité, on calcule également les quantités d'énergie consommées (incluant la part importée et la part autoproduite), afin de faciliter l'analyse du bilan des imports et exports.

Note : pour les postes éclairage et auxiliaires de ventilation, les quantités d'énergie importées du niveau Zone sont égales à la somme de celles des groupes constituant la zone, plus celles des parkings attribuées à la zone.

13.2.3.4.1 Résultats mensuels

Quantités d'énergie finale importées et consommées par poste :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS, hors électricité :

$$O_{Cef\_imp\_poste\_energie\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{cef[poste; energie]}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2430)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O_{Cef\_imp\_poste\_elec\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-imp[poste]}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2431)$$

$$O_{Cef\_cons\_poste\_elec\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2432)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O_{Eef\_prod\_PV\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-PV}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2433)$$

$$O_{Eef\_prod\_coge\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2434)$$

$$O_{Eef\_prod\_PV\_AC\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-PV-AC}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2435)$$

$$O_{Eef\_prod\_coge\_AC\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge-AC}^{zn}(h)]}{SREF^{zn}} \quad (2436)$$

$$\begin{aligned} O_{Eef\_Elec\_Exportee\_mois} &= O_{Eef\_prod\_PV\_mois} + O_{Eef\_prod\_coge\_mois} \\ &\quad - O_{Eef\_prod\_PV\_AC\_mois} - O_{Eef\_prod\_coge\_AC\_mois} \end{aligned} \quad (2437)$$

Besoins en énergie :

$$O_{B\_Ch\_mois} = \frac{\sum_{gr \in zone} [O_{B\_Ch\_mois}^{gr} \times SREF^{gr}]}{SREF^{zn}} \quad (2438)$$

$$O_{B\_Fr\_mois} = \frac{\sum_{gr \in zone} [O_{B\_Fr\_mois}^{gr} \times SREF^{gr}]}{SREF^{zn}} \quad (2439)$$

$$O_{B\_Ecs\_mois} = \frac{\sum_{gr \in zone} [O_{B\_Ecs\_mois}^{gr} \times SREF^{gr}]}{SREF^{zn}} \quad (2440)$$

13.2.3.4.2 Résultats annuels

Quantités d'énergie finale importées et consommées par poste :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS, hors électricité :

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_annuel = \sum_{mois} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] \quad (2441)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_elec\_annuel = \sum_{mois} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_elec\_mois] \quad (2442)$$

$$O\_Cef\_cons\_[poste]\_elec\_annuel = \sum_{mois} [O\_Cef\_cons\_[poste]\_elec\_mois] \quad (2443)$$

Quantités d'énergie finale importées sous-décomposées pour l'application des impacts environnementaux des générateurs au bois :

Pour l'ensemble des générateurs au bois connectés à la zone (via les distributions et générations), les quantités d'énergie importées sont sous-décomposées selon la nature du générateur (poêle-insert ou autre), le type de combustible (bûche, granulés ou plaquettes) et le poste (chauffage ou ECS). Par exemple :

Soit l'ensemble des générateurs d'indice gnr connectés à la zone, tels que $Is\_Générateur\_Poele^{gnr} = vrai$ et $Type\_Combustible\_Bois^{gnr} = Bûche$:

$$O\_Cef\_imp\_ch\_boisbuchpoel\_annuel = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[ch; energie]}^{gnr}(h) \quad (2444)$$

$$O\_Cef\_imp\_ecs\_boisbuchpoel\_annuel = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[cecs; energie]}^{gnr}(h)$$

On détermine ainsi l'ensemble des quantités d'énergie finale importées pour chacune des configurations.

Quantités d'énergie finale importées par poste :

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_annuel = \sum_{mois} \left[\sum_{energie} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] \right] \quad (2445)$$

Quantités d'énergie finale importées par énergie:

Les quantités d'énergie finales importées par type d'énergie n'intègre pas le poste usages mobiliers :

$$O\_Cef\__[energie]\_annuel = \sum_{mois} \left[\sum_{poste \text{ hors mobilier}} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] \right] \quad (2446)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O\_Eef\_prod\_PV\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_PV\_mois] \quad (2447)$$

$$O\_Eef\_prod\_coge\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_coge\_mois] \quad (2448)$$

$$O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_mois] \quad (2449)$$

$$O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_mois] \quad (2450)$$

$$O\_Eef\_Elec\_Exportee\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_Elec\_Exportee\_mois] \quad (2451)$$

Taux d'autoconsommation de la production électrique par type de producteur :

$$O\_TAC\_elec\_annuel = 100 \times \left(\frac{O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_annuel + O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel}{O\_Eef\_prod\_PV\_annuel + O\_Eef\_prod\_coge\_annuel} \right) \quad (2452)$$

$$O\_TAC\_elec\_PV\_annuel = 100 \times \frac{O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_annuel}{O\_Eef\_prod\_PV\_annuel} \quad (2453)$$

$$O\_TAC\_elec\_coge\_annuel = 100 \times \frac{O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel}{O\_Eef\_prod\_coge\_annuel} \quad (2454)$$

Taux d'autoconsommation global (chaleur et électricité) des installations de cogénération :

$$O\_TAC\_coge\_global\_annuel = 100 \times \frac{Cef_{tot\_comb}^{cogé,bat} + O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel}{Cef_{tot\_comb}^{cogé,bat} + O\_Eef\_prod\_coge\_annuel} \quad (2455)$$

Coefficient Cef, Cep et Cep,nr :

$$O\_Cef\_annuel = \sum_{energie} O\_Cef\_[\text{energie}]\_annuel \quad (2456)$$

$$O\_Cep\_annuel = \sum_{energie} [O\_Cef\_[\text{energie}]\_annuel \times CoefEP[\text{energie}]] \quad (2457)$$

$$O\_Cepnr\_annuel = \sum_{energie} [O\_Cef\_[\text{energie}]\_annuel \times CoefEPnr[\text{energie}]] \quad (2458)$$

Besoins en énergie :

$$O\_B\_Ch\_annuel = \sum_{mois} [O\_B\_Ch\_mois] \quad (2459)$$

$$O\_B\_Fr\_annuel = \sum_{mois} [O\_B\_Fr\_mois] \quad (2460)$$

$$O\_B\_Ecs\_annuel = \sum_{mois} [O\_B\_Ecs\_mois] \quad (2461)$$

13.2.3.5 Calcul des indicateurs au niveau Batiment (Sorties_Batiment)

Pour le niveau bâtiment, les résultats sont formulés en quantités d'énergie importées. Pour le type d'énergie électrique, on calcule également les quantités d'énergie consommées (incluant la part importée et la part autoproduite).

13.2.3.5.1 Résultats mensuels

Quantités d'énergie finale importées et consommées par poste :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS, hors électricité :

$$O\_Cef\_imp\_[\text{poste}]\_[\text{energie}]\_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{cef[\text{poste}; \text{energie}]}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2462)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O\_Cef\_imp\_[\text{poste}]\_elec\_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-imp[\text{poste}]}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2463)$$

$$O_{Cef\_cons\_poste\_elec\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2464)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O_{Eef\_prod\_PV\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-PV}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2465)$$

$$O_{Eef\_prod\_coge\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2466)$$

$$O_{Eef\_prod\_PV\_AC\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-PV-AC}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2467)$$

$$O_{Eef\_prod\_coge\_AC\_mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge-AC}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2468)$$

$$\begin{aligned} O_{Eef\_Elec\_Exportee\_mois} \\ = O_{Eef\_prod\_PV\_mois} + O_{Eef\_prod\_coge\_mois} \\ - O_{Eef\_prod\_PV\_AC\_mois} - O_{Eef\_prod\_coge\_AC\_mois} \end{aligned} \quad (2469)$$

Besoins en énergie :

$$O_{B\_Ch\_mois} = \frac{\sum_{zn \in bat} [O_{B\_Ch\_mois}^{zn} \times SREF^{zn}]}{SREF^{bat}} \quad (2470)$$

$$O_{B\_Fr\_mois} = \frac{\sum_{zn \in bat} [O_{B\_Fr\_mois}^{zn} \times SREF^{zn}]}{SREF^{bat}} \quad (2471)$$

$$O_{B\_Ecs\_mois} = \frac{\sum_{zn \in bat} [O_{B\_Ecs\_mois}^{zn} \times SREF^{zn}]}{SREF^{bat}} \quad (2472)$$

13.2.3.5.2 Résultats annuels

Quantités d'énergie finale importées et consommées par poste :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS, hors électricité :

$$O_{Cef\_imp\_poste\_energie\_annuel} = \sum_{mois} [O_{Cef\_imp\_poste\_energie\_mois}] \quad (2473)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O_{Cef\_imp\_poste\_elec\_annuel} = \sum_{mois} [O_{Cef\_imp\_poste\_elec\_mois}] \quad (2474)$$

$$O_{Cef\_cons\_poste\_elec\_annuel} = \sum_{mois} [O_{Cef\_cons\_poste\_elec\_mois}] \quad (2475)$$

Quantités d'énergie finale importées sous-décomposées pour l'application des impacts environnementaux des générateurs au bois :

Pour l'ensemble des générateurs au bois connectés au bâtiment (via les distributions et générations), les quantités d'énergie importées sont sous-décomposées selon la nature du générateur (poêle-insert ou autre), le type de combustible (bûche, granulés ou plaquettes) et le poste (chauffage ou ECS). Par exemple :

$$\text{Soit l'ensemble des générateurs d'indice gnr connectés à la zone, tels que } Is\_Générateur\_Poele^{gnr} = \text{vrai et Type\_Combustible\_Bois}^{gnr} = \text{Bûche :} \quad (2476)$$

$$O\_Cef\_imp\_ch\_boisbuchpoel\_annuel = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[ch; energie]}^{gnr}(h)$$

$$O\_Cef\_imp\_ecs\_boisbuchpoel\_annuel = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[cecs; energie]}^{gnr}(h)$$

On détermine ainsi l'ensemble dans quantités d'énergie finale importées pour chacune des configurations.

Quantités d'énergie finale importées par poste :

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_annuel = \sum_{mois} \left[\sum_{energie} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] \right] \quad (2477)$$

Quantités d'énergie finale importées par énergie:

$$O\_Cef\_[energie]\_annuel = \sum_{mois} \left[\sum_{poste \text{ hors mobilier}} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] \right] \quad (2478)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O\_Eef\_prod\_PV\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_PV\_mois] \quad (2479)$$

$$O\_Eef\_prod\_coge\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_coge\_mois] \quad (2480)$$

$$O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_mois] \quad (2481)$$

$$O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_mois] \quad (2482)$$

$$O\_Eef\_Elec\_Exportee\_annuel = \sum_{mois} [O\_Eef\_Elec\_Exportee\_mois] \quad (2483)$$

Taux d'autoconsommation de la production par type de producteur :

$$O\_TAC\_elec\_annuel = 100 \times \left(\frac{O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_annuel + O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel}{O\_Eef\_prod\_PV\_annuel + O\_Eef\_prod\_coge\_annuel} \right) \quad (2484)$$

$$O\_TAC\_elec\_PV\_annuel = 100 \times \frac{O\_Eef\_prod\_PV\_AC\_annuel}{O\_Eef\_prod\_PV\_annuel} \quad (2485)$$

$$O\_TAC\_elec\_coge\_annuel = 100 \times \frac{O\_Eef\_prod\_coge\_AC\_annuel}{O\_Eef\_prod\_coge\_annuel} \quad (2486)$$

Coefficient Cef, Cep et Cep,nr :

$$O\_Cef\_annuel = \sum_{energie} O\_Cef\_[energie]\_annuel \quad (2487)$$

$$O\_Cep\_annuel = \sum_{energie} [O\_Cef\_[energie]\_annuel \times CoefEP[energie]] \quad (2488)$$

$$O\_Cepnr\_annuel = \sum_{energie} [O\_Cef\_[energie]\_annuel \times CoefEPnr[energie]] \quad (2489)$$

Besoins en énergie :

$$O\_B\_Ch\_annuel = \sum_{mois} [O\_B\_Ch\_mois] \quad (2490)$$

$$O\_B\_Fr\_annuel = \sum_{mois} [O\_B\_Fr\_mois] \quad (2491)$$

$$O\_B\_Ecs\_annuel = \sum_{mois} [O\_B\_Ecs\_mois] \quad (2492)$$

13.3 C_Sn_Methode_Th_C_Forfait de consommations de refroidissement

13.3.1 INTRODUCTION

Ce document a pour but de décrire les modalités de prise en compte d'un forfait de consommation de refroidissement en cas d'inconfort d'été ponctuel dans le calcul énergie.

Rappel du contexte :

Il est mis en place deux seuils d'inconfort, basés sur un indicateur Degrés-Heures (ou DH en °C.h) calculé au niveau groupe, avec les règles suivantes :

- $DH > \text{Seuil haut}$: bâtiment non-règlementaire, inconfort excessif,
- $DH < \text{Seuil bas}$: bâtiment jugé suffisamment confortable,
- $\text{Seuil bas} < DH < \text{Seuil haut}$: le critère confort est respecté, mais de l'inconfort ponctuel peut apparaître. Le calcul des consommations Th-C est fait en introduisant un forfait de consommation de refroidissement en conséquence. Ce forfait de consommation de refroidissement est calculé conventionnellement sur la base du nombre de degrés-heures d'inconfort du groupe. Il est ensuite ajouté aux consommations de refroidissement et d'électricité du groupe, de la zone correspondante et du bâtiment correspondant.

La méthode de prise en compte d'un forfait de consommation de refroidissement est la suivante :

Il est nécessaire de remplir plusieurs conditions pour activer la procédure de prise en compte de ce forfait.

Ces conditions sont les suivantes :

- Le calcul Th-C est présent dans le mode de calcul choisi par l'utilisateur (c'est-à-dire s'il choisit les modes de calculs Th-C ou Th-DBC),
- Au moins un des groupes du bâtiment est non climatisé

Si les conditions ci-dessus sont vérifiées, la procédure de mise en place du forfait de consommations de refroidissement est lancée. Celle-ci est la suivante :

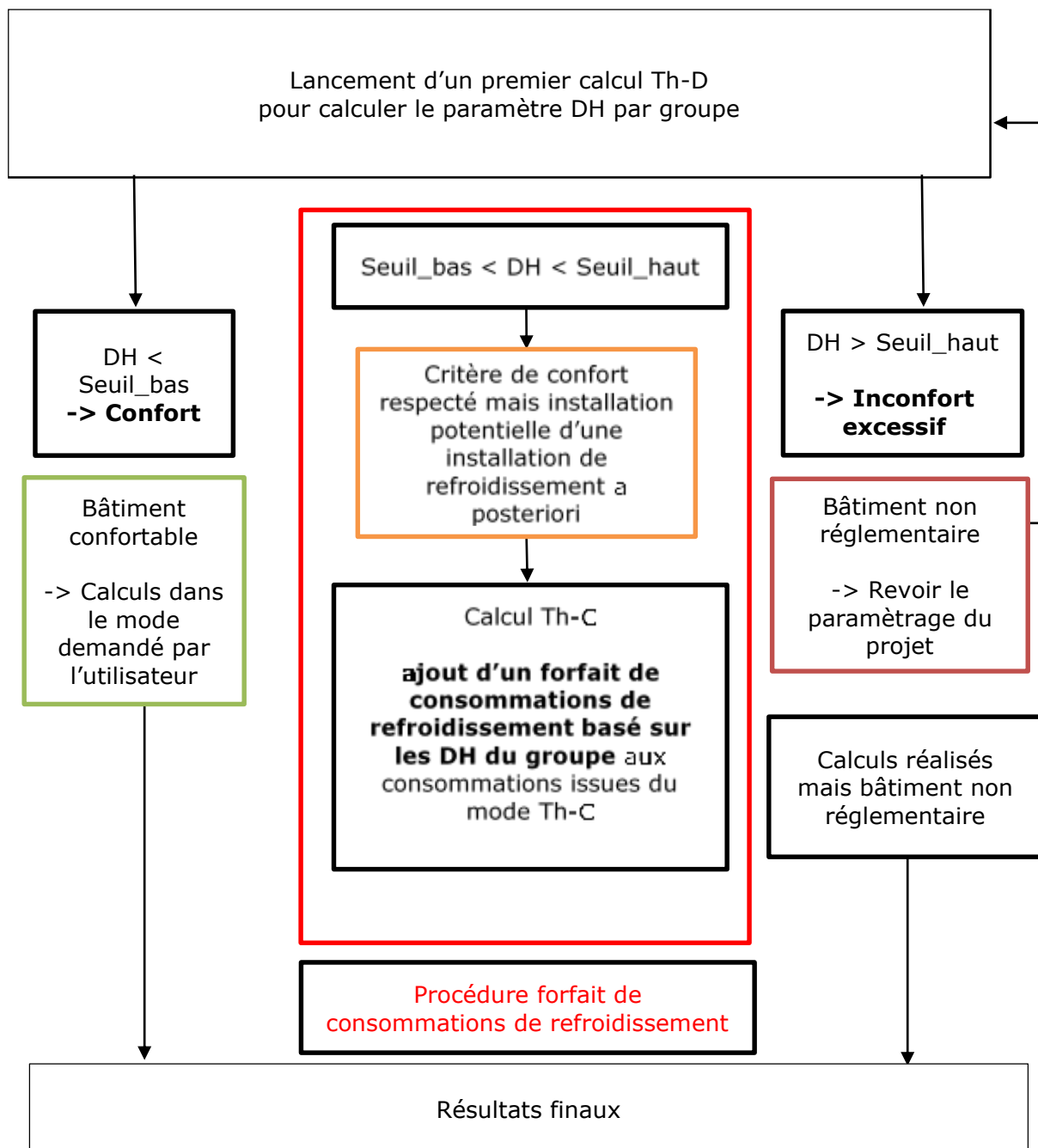


Figure 214 – schéma de principe de la procédure de prise en compte d'un forfait de consommation le refroidissement selon le niveau d'inconfort d'été du bâtiment

Cette présente fiche indique les modalités de calcul du forfait de consommation de refroidissement.

13.3.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Confort d'été	DH _g	Degrés-heures d'inconfort issus du mode Th-D pour le groupe g	°C.h	0	+∞	
	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie et par poste, au niveau bâtiment, zone ou groupe	kWh _{ef} . m ⁻² .an ⁻¹	0	-	-
Sorties mode Th-C	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_mois	Quantités d'énergie finale mensuelles importées par type d'énergie et par poste pour le bâtiment	kWh _{ef} . m ⁻²			
	SREF ^{gr}	Surface de référence du groupe	m ²			
	SREF ^{zn}	Surface de référence de la zone	m ²			
	SREF ^{bat}	Surface de référence du bâtiment	m ²			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Paramètres d'intégration						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Simu	Usage _{z,g}	Type d'usage de la zone z contenant le groupe g	-			
	Groupe_is_climatisé	Indicateur vérifiant si le groupe n°g est climatisé ou non : 0 : Non 1 : Oui	-			
	Mode	Mode de calcul en cours (0-Th-B / 4-Th-D / 5-Th-DBC)	-	0	5	
	Alt	Altitude du projet 0 m à 400 m 400 m à 800 m ou 800 m et plus	m	0	800	-
	département	Numéro du département (Zone climatique)		1	95	-
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv

Coef_kWh_fr_par_DH	coefficient de consommation de refroidissement par DH d'inconfort, pour le forfait de consommations de refroidissement, par type d'usage de la zone contenant le groupe	kWh _{ep} /m ² /an/(°C.h)	0.09	0.016	-
Coef_zone_clim_et_alt	coefficient de modulation des consommations de refroidissement pour le forfait de consommations de refroidissement en fonction de la zone climatique et de l'altitude	Réel	0.3	1.2	-
Cef_fr_elec_refroidissement,g	Valeur du forfait de consommations de refroidissement pour le groupe en cours (groupe g)	kWh _{ef} /m ² /an/(°C.h)	0	97.2	-
Seuil haut	Seuil haut de degrés-heures d'inconfort	°C.h	0	+∞	-

Sorties

	Nom	Description	Unité			
Sorties mode Th-C	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie et par poste, au niveau bâtiment, zone ou groupe	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹	0	-	-

Constantes

	Nom	Description	Unité	Conv.
	Seuil bas	Seuil bas de degrés-heures d'inconfort	°C.h	350
	CoefEP[électricité]	Coefficient de conversion en énergie primaire totale pour l'électricité du réseau	Réel	2.3

Tableau 334 : Nomenclature des différentes variables du modèle

13.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

On regarde tous les groupes g de la zone z du bâtiment b.

La prise en compte du forfait de refroidissement n'est activée que lorsque les degrés-heures (DH) du groupe sont supérieurs au seuil bas.

Si le groupe est déjà climatisé (Groupe_is_climatisé = 1): aucun forfait de consommation de refroidissement n'est ajouté à la consommation de refroidissement du groupe déjà existante (Cef_Fr_élec_refroidissement,g=0). La climatisation présente assure le confort.

Si le groupe n'est pas climatisé (Groupe_is_climatisé = 0):

13.3.3.1 Calcul du forfait de consommation de refroidissement du groupe g

$$Cef_{fr\ elec\ refroidissement,g} = \frac{Cof_{kWh\ fr\ par\ DH} \times (\max(0 ; \min(DH_g ; seuil_{haut}) - seuil_{bas})) \times Cof_{zone\ clim\ et\ alt}}{Cof_{EP[électricité]}} \quad (2493)$$

Où :

Usage _{zg}	Coef_kWh_fr_par_DH
Maison individuelle	0,011
Logement collectif	0,011
Bureaux	0,009
Enseignement (secondaire ou primaire jour)	0,016

N° d'usage	Type d'usage associé	Coef_kWh_fr_par_DH
1	Maisons individuelles ou accolées	0,011
2	Logements collectifs	0,011
3	Bureaux	0,009
4	Enseignement primaire	0,016
5	Enseignement secondaire	0,009
6	Médiathèques et bibliothèques	0,009
7	Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche et bâtiments d'enseignements atypiques	0,009
8	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie nuit)	0,009
9	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie nuit)	0,009
10	Hôtels 0, 1 et 2 étoiles (partie jour)	0,009
11	Hôtels 3, 4 et 5 étoiles (partie jour)	0,009
12	Etablissements d'accueil de la petite enfance	0,009
13	Restaurants - en continu, 18 heures par jour, 7 jours sur 7	0,009
14	Restaurants - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0,009
15	Restaurants - 2 repas par jour, 7 jours sur 7	0,009
16	Restaurants - 2 repas par jour, 6 jours sur 7	0,009
17	Commerces	0,009

18	Vestiaires seuls	0,009
19	Etablissements sanitaires avec hébergement	0,009
20	Etablissements de santé (partie nuit)	0,009
21	Etablissements de santé (partie jour)	0,009
22	Aérogares	0,009
23	Industries ou artisanats 3x8h	0,009
24	Industries ou artisanats 8h à 18h	0,009
25	Etablissements sportifs municipaux ou scolaires	0,009
26	Restaurants scolaires - 1 repas par jour, 5 jours sur 7	0,009
27	Restaurants scolaires - 3 repas par jour, 5 jours sur 7	0,009
28	Etablissements sportifs privés	0,009

Tableau 335 : Coefficient de consommation de froid en fonction des DH d'inconfort du groupe par type d'usage de la zone qui contient le groupe (en kWh_{ep}/m²/an/(°C.h))

Coef_zone_clim_et_alt	Altitude		
Zone climatique	[0m ; 400m]	[400m ; 800m]	[800m ; ...[
H1a	0,8	0,6	0,4
H1b	1	0,8	0,6
H1c	1	0,8	0,6
H2a	0,7	0,5	0,3
H2b	1	0,8	0,6
H2c	1,1	0,9	0,7
H2d	1,2	1	0,8
H3	1,2	1	0,8

Tableau 336 : Coefficient de modulation du forfait de refroidissement en fonction de la zone climatique et de l'altitude (sans unité)

13.3.3.2 Ajout de la valeur du forfait aux sorties du mode Th-C

La valeur **Cef_fr_elec_refroidissement,g** du forfait de consommation de refroidissement de chaque groupe est à ajouter **en post traitement** des données au niveau des consommations d'énergie du groupe, de la zone correspondante et du bâtiment.

S'agissant d'un **forfait annuel**, cette consommation ne peut être ajoutée aux valeurs mensuelles. Le forfait est donc ajouté à l'étape de calcul des consommations d'énergie **annuelles** en énergie finale (Cef) par somme des consommations mensuelles. Cela concerne les consommations **d'énergie électrique** et de **refroidissement**.

Cet ajout s'insère, (dans le cas où il y a bien un forfait de refroidissement) dans le calcul des sorties du mode Th-C annuelles dans la fiche **C_CALC_Sorties_Mode_Th-C**, paragraphes « **Résultats annuels** » des calculs d'indicateurs **aux niveaux groupes, zones et bâtiments**.

L'ajout d'un forfait de refroidissement étant un cas particulier obtenu par les conditions définies en début de fiche (sur les DH, et pour les groupes non climatisés), les formules de la fiche **C_CALC_Sorties_Mode_Th-C** ne sont pas modifiées directement, pour plus de lisibilité. Dans ce cas les formules de cumul de consommation et import d'énergie électrique pour le refroidissement se voient ajouter le forfait comme présenté dans les équations ci-dessous, en pondérant les valeurs de consommation de froid par la surface de chaque groupe considéré :

Au niveau **groupe** :

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_annuel = \sum_{mois} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] + Cef\_fr\_elec\_refroidissement, g \quad (2494)$$

Au niveau **zone** :

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_annuel = \sum_{mois} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] + \sum_{groupe \in zone} [Cef\_fr\_elec\_refroidissement, g] * \frac{SREFgr}{SREFzn} \quad (2495)$$

Au niveau **bâtiment** :

$$O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_annuel = \sum_{mois} [O\_Cef\_imp\_[poste]\_[energie]\_mois] + \sum_{groupe \in bâtiment} [Cef\_fr\_elec\_refroidissement, g] * \frac{SREFzn}{SREFbat} \quad (2496)$$

Où **[poste] [energie]** prend uniquement les valeurs : **Fr** (refroidissement toutes énergies confondues) ; **élec** (énergie électrique tous postes confondus) ou bien **Fr élec** (refroidissement, énergie électrique) en fonction des valeurs qui existent aux niveaux groupe / zone / bâtiment dans les sorties de Th-C.

Cet ajout s'applique aux valeurs d'énergie importées mais également aux valeurs d'énergie consommées : O_Cef_cons_[poste]_[energie]_annuel.

Le forfait étant ajouté au niveau du calcul des consommations en énergie finale (Cef), il est bien pris en compte dans le calcul du Cep ultérieur de la fiche **C_CALC_Sorties_Mode_Th-C**.

13.4 C_Calc_Bilans_Energies_Consommees_et_importées

13.4.1 INTRODUCTION

La présente fiche décrit l'ensemble des bilans des quantités d'énergies consommées, produites et importées menés à la fin de chaque pas de temps de calcul. Ces calculs sont menés au niveau de chaque groupe, zone et bâtiment du projet.

Ils sont menés de manière séquentielle selon la logique suivante :

- Consommations au niveau du groupe, puis de la zone, puis du bâtiment,
- Production d'électricité au niveau du bâtiment,
- Importations d'énergie au niveau du bâtiment, puis de la zone.

Elle présente également les calculs réalisés pour obtenir les différents taux d'autoconsommations nécessaires.

13.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 337 donne la nomenclature des différentes variables utilisées dans l'algorithme.

Entrées		
Nom	Description	Unité
$Q_{req,ch}^{em}(h)$ $Q_{req,fr}^{em}(h)$	Besoins en énergie de chauffage et de refroidissement des émetteurs du groupe	Wh
$Q_{w\_bruts}^{gr}(h)$	Besoins en ECS totaux bruts du groupe	Wh
$Q_{cef(poste; energie)}^{gen,gr}(h)$	Matrice des consommations par poste (chauffage, refroidissement et ECS) et énergie de la génération gen attribuées au groupe gr	Wh
$Q_{ef-prelec}^{gen,gr}(h)$	Energie électrique finale produite par la génération attribuée au groupe gr pour le pas de temps h.	Wh
$W_{ventmoy}^{s,gr}(h)$ $W_{vent-loc-tot}^{gr}(h)$ $W_{abs-GA}^{gr}(h)$	Consommations des ventilateurs des centrales, des ventilateurs locaux des émetteurs, et des ventilateurs des brasseurs d'air du groupe	Wh
$W_{ecl,gr}(h)$	Consommations d'éclairage du groupe gr	Wh
$W_{aux}^{dp-e,gr}{}_{prim-e}(h)$ $W_{aux}^{dp,gr}(h)$ $W_{aux}^{ds}(h)$ $W_{aux}^{dCTA,gr}(h)$	Consommations des auxiliaires de distribution d'eau pour le chauffage, le refroidissement et l'ECS attribuées au groupe gr	Wh
$W_{cef\_ecl\_park}^z(h)$	Consommation pour l'éclairage des parkings associée à la zone zn	Wh
$W_{cef\_ecl\_parties\_communes}^z$	Consommation pour l'éclairage des parties communes des logements collectifs	Wh
$W_{cef\_vent\_park}^z(h)$	Consommation pour la ventilation des parkings associée à la zone zn	Wh

$W_{cef\_ascenseur}^z(h)$	Consommation des ascenseurs associés à la zone zn	Wh
$W_{cef\_escalators}^z(h)$	Consommation des escalators associés à la zone zn	
$Cef_{ch\_comb}^{cogé,bat}$	Consommation d'énergie finale des cogénérations du bâtiment objet de l'étude pour la satisfactions des besoins de chauffage	Wh
$Cef_{ecs\_comb}^{cogé,bat}$	Consommation d'énergie finale des cogénérations du bâtiment objet de l'étude pour la satisfactions des besoins d'eau chaude sanitaire	Wh
$E_{elec-prod-PV-integre}^{bat}(h)$ $E_{elec-prod-PV-parcelle}^{bat}(h)$	Quantités d'énergie électrique produites par les installations photovoltaïques intégrées au bâtiment / sur parcelle attribuées au bâtiment	Wh

Sorties		
Nom	Description	Unité
$Q_{req-ch}^{gr}(h)$ $Q_{req-fr}^{gr}(h)$	Besoins en énergie de chauffage et refroidissement aux bornes des émetteurs des groupes	Wh
$Q_{req-gen-ch}^{gr}(h)$ $Q_{req-gen-fr}^{gr}(h)$	Besoins en énergie de chauffage et refroidissement aux bornes des générations attribuées au groupe	Wh
$Q_{cef(poste;energie)}^{gr}(h)$ $Q_{cef(poste;energie)}^{zn}(h)$ $Q_{cef(poste;energie)}^{bat}(h)$	Matrice des consommations d'énergie horaires par poste (chauffage, refroidissement et ECS) et par type d'énergie (gaz, fioul, bois, électricité, réseau) pour le groupe gr / la zone zn / le bâtiment bat	Wh
$W_{elec-cons[poste]}^{gr}(h)$ $W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h)$ $W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h)$	Vecteur des consommations horaires en énergie électrique pour les postes chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, auxiliaires de distribution, auxiliaires de ventilation, déplacement des occupants et usages mobiliers du groupe gr / de la zone zn / du bâtiment bat	Wh
$Cef_{tot\_comb}^{cogé,bat}$	Consommation d'énergie finale des cogénérations du bâtiment objet de l'étude pour la satisfactions des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire	Wh
$E_{elec-prod-coge}^{gr}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{zn}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité par les cogénérateurs attribuée au groupe gr/ à la zone zn / au bâtiment bat	Wh
$E_{elec-prod-coge}^{zn}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité par les installations photovoltaïque attribuées à la zone zn / au bâtiment bat	Wh
$E_{elec-prod-tot}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité du bâtiment bat	Wh
$E_{elec\_prod\_AC}^{bat}(h)$	Production totale d'électricité autoconsommée par le bâtiment bat	Wh
$E_{elec-prod-PV-AC}^{bat}(h)$ $E_{elec-prod-coge-AC}^{bat}(h)$	Production d'électricité par les installations photovoltaïques / par les cogénérateurs et autoconsommée par le bâtiment bat	Wh

$TAC^{bat}(h)$	Taux d'autoconsommation de l'électricité produite localement pour le bâtiment bat	Réel (0 à 1)
$TAP^{bat}(h)$	Taux d'autoproduction de l'électricité consommée par le bâtiment bat	Réel (0 à 1)
$TAC\_coge\_global(h)$	Taux d'autoconsommation annuel du bâtiment par rapport à la production totale de chaleur et d'électricité des modules de cogénération	Réel (0 à 1)
$W_{elec-IMP[poste]}^{bat}(h)$ $W_{elec-IMP[poste]}^{zn}(h)$	Vecteur des quantités d'énergie électriques importées par poste par le bâtiment bat / la zone zn	Wh
$W_{elec\_tous\_usages\_IMP}^{bat}(h)$ $W_{elec\_tous\_usages\_IMP}^{zn}(h)$	Quantités d'énergie électriques importées tous postes confondus pour le bâtiment bat / la zone zn	Wh

Tableau 337 : Nomenclature du modèle

13.4.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

13.4.3.1 Bilan des quantités d'énergie consommées du groupe

Le niveau GROUPE ne possède de consommations que pour les postes chauffage, refroidissement, ventilation, ECS, éclairage et distribution.

13.4.3.1.1 Matrice des consommations en énergies finale du groupe

Après les calculs de sorties au niveau de la génération (avec l'exposant *gen*), puis celles au niveau de la génération pour un groupe (avec l'exposant *gen,gr*), l'objectif des paragraphes ci-dessous est d'exprimer les sorties au niveau d'un groupe (avec l'exposant *gr*).

Les consommations des générations desservant le groupe se présentent sous la forme de la matrice du Tableau 338. Les lignes représentent les différentes postes de consommations associés aux composants générateurs et assemblages avec stockage. Les colonnes correspondent aux différents types d'énergie rencontrés.

En Wh	10 : Gaz	20 : Fioul	30 : Charbon	40 : Bois	50 : Electricité	60 : Réseau de chaleur
1 : Chauffage	$Q_{cef(1;10)}$	$Q_{cef(1;20)}$	...			
2 : Refroidiss.	$Q_{cef(2;10)}$	...				...
3 : ECS	...				...	$Q_{cef(3;60)}$

Tableau 338 : Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef(poste;énergie)}^{gen,gr}(h)\}$

Cette matrice est en sortie de la génération (voir fiche C_GEN_Calculs génération). On récupère à chaque pas de temps *h* les matrices des consommations en énergie finale des générations reliées au groupe pour sommer chaque case de la matrice :

$$Q_{cef(poste;énergie)}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{cef(poste;énergie)}^{gen,gr}(h) \quad (2497)$$

13.4.3.1.2 Calculs horaires des demandes en énergies totales de chaque groupe

Deux types de besoins sont calculés pour chaque groupe :

- Les besoins aux bornes des émetteurs du groupe :

$$\begin{cases} Q_{req,ch}^{gr}(h) = \sum_{em \in gr} Q_{req,ch}^{em}(h) \\ Q_{req,fr}^{gr}(h) = \sum_{em \in gr} Q_{req,fr}^{em}(h) \end{cases} \quad (2498)$$

- Les besoins en entrée de la génération, $Q_{req,gen,ch}^{gr}(h)$ et $Q_{req,gen,fr}^{gr}(h)$. Il s'agit des demandes en énergies totales aux bornes de l'ensemble des génération du projet, pertes de distributions incluses. Elles sont utilisées comme référence pour la détermination des saisons par groupe. La fiche calculs groupe fournit l'ensemble des valeurs nécessaires sur la période d'intégration (en général les 28 jours précédant le jour *j*) utilisée dans les procédures de détermination des saisons par groupe .

$$\begin{cases} Q_{req\_gen\_ch}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) \\ Q_{req\_gen\_fr}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) \end{cases} \quad (2499)$$

13.4.3.1.3 Consommations de chauffage, refroidissement et ECS du groupe

Pour un pas de temps h , la consommation totale de chauffage, (respectivement refroidissement et ECS) en énergie finale d'un groupe correspond à la somme de l'ensemble des valeurs constituant la ligne 1 (respectivement 2 et 3) de toutes les matrices des générations reliées à ce groupe (Tableau 338) :

$$Q_{cef(poste; energie)}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(poste; energie)}^{gen,gr}(h)) \quad (2500)$$

Par ailleurs, on remplit également le vecteur des consommations électriques du groupe :

$$W_{elec-cons[ch]}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(ch;elec)}^{gen,gr}(h)) \quad (2501)$$

$$W_{elec-cons[fr]}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(fr;elec)}^{gen,gr}(h)) \quad (2502)$$

$$W_{elec-cons[ECS]}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(ecs;elec)}^{gen,gr}(h)) \quad (2503)$$

13.4.3.1.4 Consommations horaires des auxiliaires de ventilation du groupe

Les consommations d'auxiliaires de ventilation du groupe incluent les consommations des auxiliaires des centrales de traitement d'air (intégrant celles des éventuels puits climatiques) et des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe (calculées au niveau des émissions équivalentes).

$$W_{elec-cons[auxvent]}^{gr}(h) = W_{ventmoy}^{s,gr}(h) + W_{vent-loc-tot}^{gr}(h) + W_{abs-GA}^{gr}(h) \quad (2504)$$

13.4.3.1.5 Consommations des auxiliaires de distribution du groupe

Les consommations d'auxiliaires de distribution attribuées au groupe s'obtiennent par sommation des composantes de distribution du groupe, intergroupes et de CTA :

$$W_{elec-cons[auxdist]}^{gr}(h) = \sum_{dp \rightarrow e \rightarrow gr} W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}(h) + \sum_{dp \rightarrow gr} W_{aux}^{dp,gr}(h) + \sum_{ds \in gr} W_{aux}^{ds}(h) + \sum_{dCTA \rightarrow gr} W_{aux}^{dCTA,gr}(h) \quad (2505)$$

13.4.3.2 Bilan des quantités d'énergie consommées de la zone

Les consommations au niveau de la zone sont obtenues par sommation sur l'ensemble des groupes, auxquels on ajoute les consommations de parking (éclairage et ventilation), et de mobilité des occupants (ascenseurs, escalators).

13.4.3.2.1 Matrice des consommations en énergies finale de la zone

$$Q_{cef(poste; energie)}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} Q_{cef(poste; energie)}^{gr}(h) \quad (2506)$$

En particulier, les consommations horaires en énergie électriques sont distinguées :

$$W_{elec-cons[ch]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[ch]}^{gr}(h) \quad (2507)$$

$$W_{elec-cons[fr]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[fr]}^{gr}(h) \quad (2508)$$

$$W_{elec-cons[ecs]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[ecs]}^{gr}(h) \quad (2509)$$

13.4.3.2.2 Consommations horaires d'éclairage de la zone

$$W_{elec-cons[ecl]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[ecl]}^{gr}(h) + W_{cef\_ecl\_park}^z(h) + W_{cef\_ecl\_parties\_communes}^z(h) \quad (2510)$$

13.4.3.2.3 Consommations horaires des auxiliaires de ventilation de la zone

$$W_{elec-cons[auxvent]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[auxvent]}^{gr}(h) + W_{cef\_vent\_park}^z(h) \quad (2511)$$

13.4.3.2.4 Consommations horaires des auxiliaires de distribution de la zone

$$W_{elec-cons[auxdist]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[auxdist]}^{gr}(h) \quad (2512)$$

13.4.3.2.5 Consommations horaires des auxiliaires associés au déplacement des occupants de la zone

$$W_{elec-cons[depl]}^{zn}(h) = W_{cef\_ascenseurs}^z(h) + W_{cef\_escalators}^z(h) \quad (2513)$$

13.4.3.2.6 Consommation électrique horaire totale de la zone

Sur le périmètre RE2020 :

$$W_{elec-hors-mobilier}^{zn}(h) = \sum_{poste} [W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h)] \quad (2514)$$

Sur le périmètre RE2020 et les usages mobiliers :

$$W_{elec\_tous\_usages}^{zn}(h) = W_{elec-hors-mobilier}^{zn}(h) + W_{cef-mobilier}^{zn}(h) \quad (2515)$$

13.4.3.3 Bilan des énergies consommées au niveau du bâtiment

Les consommations du niveau Bâtiment sont obtenues par sommation sur l'ensemble des zones.

13.4.3.3.1 Matrice des consommations en énergies finale du bâtiment

$$Q_{cef(poste;énergie)}^{bat}(h) = \sum_{zn \in bat} Q_{cef(poste;énergie)}^{zn}(h) \quad (2516)$$

13.4.3.3.2 Consommation électrique horaire du bâtiment par poste

Pour l'ensemble des postes de consommations électriques :

$$W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h) = \sum_{zn \in bat} W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h) \quad (2517)$$

13.4.3.3.3 Consommation électrique horaire totale de la zone

Sur le périmètre RE2020 :

$$W_{elec-hors-mobilier}^{bat}(h) = \sum_{poste} [W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h)] \quad (2518)$$

Sur le périmètre RE2020 et les usages mobiliers :

$$W_{elec-tous_usages}^{bat}(h) = W_{elec-hors-mobilier}^{bat}(h) + W_{cef-mobilier}^{bat}(h) \quad (2519)$$

13.4.3.4 Bilan de la production d'énergie électrique au niveau bâtiment

13.4.3.4.1 Calcul de la production d'électricité par la cogénération

La production d'électricité pour la cogénération est calculée par sommation sur l'ensemble des générations liées au groupe gr :

$$E_{elec-prod-coge}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{ef\_prelec}^{gen,gr}(h) \quad (2520)$$

Pour les niveaux Zone et Bâtiment, on somme ensuite la production de chaque groupe :

$$E_{elec-prod-coge}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zone} E_{elec-prod-coge}^{gr}(h) \quad (2521)$$

$$E_{elec-prod-coge}^{bat}(h) = \sum_{zn \in bat} E_{elec-prod-coge}^{zn}(h) \quad (2522)$$

13.4.3.4.2 Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment par les capteurs photovoltaïques

La production horaire photovoltaïque associée au bâtiment est la somme de l'énergie produite par les capteurs photovoltaïques sur le bâtiment et d'une partie de l'énergie produite par les capteurs photovoltaïques de la parcelle, décrits au niveau du projet. Ainsi :

$$E_{elec\_prod\_PV}^{bat}(h) = E_{elec\_prod\_PV\_integre}^{bat}(h) + E_{elec\_prod\_PV\_parcelle}^{bat}(h) \quad (2523)$$

Avec :

- $E_{elec\_prod\_PV\_integre}^{bat}(h)$: l'énergie électrique produite par bâtiment par les panneaux PV est la somme des énergies produites par les différentes productions photovoltaïques (niveau projet et niveau bâtiment) :

$$E_{elec\_prod\_PV\_integre}^{bat}(h) = \sum_{PV \in bat} (P_{ond}^{PV}(h)) \quad (2524)$$

- $E_{elec\_prod\_PV\_parcelle}^{bat}(h)$: pour la production photovoltaïque associée au projet, on détermine la valeur horaire associée à chaque bâtiment. Elle est répartie par bâtiment au prorata des consommations électriques horaires tous usages de ce bâtiment par rapport aux consommations électriques horaires tous usages du projet selon l'équation

$$\begin{aligned} E_{elec\_prod\_PV\_parcelle}^{bat}(h) &= \sum_{PV\_projet} (P_{ond}^{PV\_projet}(h)) \\ &\times \frac{W_{elec\_tous\_usages}^{bat}(h)}{\sum_{bat} W_{elec\_tous\_usages}^{bat}(h)} \end{aligned} \quad (2525)$$

ci-dessous :

13.4.3.4.3 Calcul de la production d'électricité totale au niveau du bâtiment

$$E_{elec\_prod\_tot}^{bat}(h) = E_{elec\_prod\_PV}^{bat}(h) + E_{elec\_prod\_coge}^{bat}(h) \quad (2526)$$

13.4.3.5 Calcul de l'énergie électrique autoconsommée, importée et exportée au niveau bâtiment

13.4.3.5.1 Bilan des énergies produites et consommées pour le calcul de la quantité d'énergie autoconsommée

L'objet de ce paragraphe est le calcul de la quantité d'énergie produite localement et autoconsommée $E_{elec\_prod\_AC}^{bat}(h)$, en tenant compte de toutes les productions d'électricité (panneaux photovoltaïques et cogénération) et de tous les postes de consommations électriques (usages mobiliers compris).

On en déduit :

$$E_{elec\_prod\_AC}^{bat}(h) = \text{MIN}(E_{elec\_prod\_tot}^{bat}(h) ; W_{elec\_tous\_usages}^{bat}(h)) \quad (2527)$$

On en déduit les taux d'autoconsommation et d'autoproduction de la production électrique du bâtiment :

$$TAC^{bat}(h) = \frac{E_{elec\_prod\_AC}^{bat}(h)}{E_{elec\_prod\_tot}^{bat}(h)} \quad (2528)$$

$$TAP^{bat}(h) = \frac{E_{elec\_prod\_AC}^{bat}(h)}{W_{elec\_tous\_usages}^{bat}(h)} \quad (2529)$$

Note : dans le cas où $E_{elec\_prod\_tot}^{bat}(h)$ est nul, $TAC^{bat}(h)$ est pris égal à 0.

Enfin, on déduit l'énergie autoconsommée pour chacune des productions (panneaux photovoltaïques puis cogénération). La répartition est faite au prorata des productions de chaque système :

$$E_{elec\_prod\_PV-AC}^{bat}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec\_prod\_PV}^{bat}(h) \quad (2530)$$

$$E_{elec\_prod\_coge-AC}^{bat}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec\_prod\_coge}^{bat}(h) \quad (2531)$$

Pour chaque zone zn appartenant à un bâtiment bat :

$$E_{elec\_prod\_AC}^{zn}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec\_prod\_tot}^{zn}(h) \quad (2532)$$

$$E_{elec\_prod\_PV-AC}^{zn}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec\_prod\_PV}^{zn}(h) \quad (2533)$$

$$E_{elec\_prod\_coge-AC}^{zn}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec\_prod\_coge}^{zn}(h) \quad (2534)$$

13.4.3.5.2 Quantités d'énergie électriques importées par le bâtiment

Pour l'ensemble des postes de consommation électrique :

$$W_{elec\_IMP[poste]}^{bat}(h) = W_{elec\_cons[poste]}^{bat}(h) \times (1 - TAP^{bat}(h)) \quad (2535)$$

Et pour chaque zone zn appartenant au bâtiment bat :

$$W_{elec\_IMP[poste]}^{zn}(h) = W_{elec\_cons[poste]}^{zn}(h) \times (1 - TAP^{bat}(h)) \quad (2536)$$

Tous usages :

$$W_{elec\_tous\_usages\_IMP}^{bat}(h) = \sum_{poste} [W_{elec\_IMP[poste]}^{bat}(h)] \quad (2537)$$

$$W_{elec\_tous\_usages\_IMP}^{zn}(h) = \sum_{poste} [W_{elec-IMP[poste]}^{zn}(h)] \quad (2538)$$

13.4.3.5.3 Taux d'autoconsommation global (électrique et chaleur) des installations de cogénération pour la détermination de l'impact environnemental

On détermine ici un taux d'autoconsommation global pour la cogénération qui prend en compte l'électricité mais aussi la chaleur. Ce taux est utilisé pour déterminer la part de l'impact environnemental de la cogénération qui est à supporter par le bâtiment.

Pour ce faire, on vient diviser les énergies autoconsommées (électrique et chaleur, cette dernière étant ici supposée autoconsommée à 100%) par les consommations d'énergie (électricité produite et chaleur fournie, cette dernière étant donc identique à la valeur du numérateur).

La consommation de la cogénération prise en compte est la suivante :

Pour tous les objets générateurs à combustion tels que $Is\_cogénération = 1$ (un module de cogénération est présent) :

$$Cef_{comb\_tot}^{cogé}(h) = \frac{Cef_{ch\_comb}^{coge,bat}(h) + Cef_{ECS\_comb}^{coge,bat}(h)}{SREF^{bat}} \quad (2539)$$

$$Cef_{comb\_tot}^{coge,bat}(h) = \sum_{cogé \in bat} C_{comb\_tot}^{coge,bat}(h) \quad (2540)$$

On en déduit alors le taux d'autoconsommation globale de la cogénération qui permet d'évaluer la part du système cogénération imputable au bâtiment d'un point de vue impact environnemental :

$$TAC_{coge\_global}^{bat}(h) = \frac{Cef_{comb\_tot}^{coge,bat}(h) + E_{elec-prod-coge-AC}^{bat}(h)}{Cef_{comb\_tot}^{coge,bat}(h) + E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)} \quad (2541)$$

Où :

$Cef_{comb\_tot}^{coge,bat}$ est la quantité de combustible horaire consommée par les cogénérateurs du bâtiment, calculée selon Th-BCE en kWh_{ef}/m²SREF.an, au niveau du bâtiment.

13.5 C_BAT_Confort_d'été

13.5.1 INTRODUCTION

L'objet de cette fiche est la détermination de l'indicateur de confort d'été conventionnel issu du mode de calcul Th-D, relatif au confort d'été. Cet indicateur est exprimé par groupe.

- **DH** (°C.h) :

L'indicateur degrés-heures (DH) permet d'évaluer l'inconfort pour les occupants, et, dans les cas des groupes climatisés, de l'inconfort potentiel des occupants si l'on retire le système de climatisation. Il s'agit de la somme de l'écart entre la température opérative du groupe et la température de confort adaptatif (température calculée heure par heure en fonction des températures des jours précédents).

Les données d'entrée restent identiques à celles d'un calcul Bbio/Cep.

13.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 339 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'indicateur de confort d'été.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Climat ext.	H_{leg}	Heure légale	h
	I_{HJ}	Heure du jour	h
	$\theta_{ei}(h)$	Température extérieure	°C
	$I_{S_{conf\_adapt}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-
Scénari	$\theta_{rm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C
	$\theta_{iich}^{+}(h)$	Température de consigne de chauffage en période d'occupation	°C
	$\theta_{iifr}^{+}(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C
Emi	$\theta_{op}(h)$	Température opérative du groupe à la fin du pas de temps h	°C
	$\Delta\theta_{op}^{corr\_syst}(h)$	Impact sur la température limite d'inconfort chaud dû aux systèmes d'amélioration du confort d'été (brasseurs d'air, humidification directe,...)	°C
Scé	I_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool

Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Zon	$I_{S_{climatisé}}^{gr}$	Indicateur au niveau du groupe précisant si le groupe est climatisé ou non (0=non climatisé / 1=climatisé)	-	0	1	-
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-	1	32	-
	s_j	$Mode$	Mode de calcul (0-Th-B / 4-Th-D / 5-Th-DBC)	-	0	5

Sorties			
	Nom	Description	Unité
	$\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C
	Nbh_{inconf}	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort	h
	$Nbh_{inconf+1C}$	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort + 1°C	h
	$Nbh_{inconf+2C}$	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort +2°C	h

DH	Degrés-heures d'inconfort	$^{\circ}C.h$				
Variables internes						
Nom	Description	Unité				
$\theta_{rm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	$^{\circ}C$				
$\theta_{op\_inc\_max}$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud	$^{\circ}C$				
$\theta_{op\_inc\_max\_C1}$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	$^{\circ}C$				
$\theta_{op\_inc\_max\_C2}$		$^{\circ}C$				
$\theta_{op\_inc\_max\_C3}$		$^{\circ}C$				
$\theta_{op\_conf\_ch}(h)$	Température limite de confort chaud	$^{\circ}C$				
$\theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h)$	Température limite de confort chaud corrigée	$^{\circ}C$				
$\Delta\theta_{op\_inc\_C1}$	Paramètres conventionnels intervenant dans la définition de $\theta_{op\_inc\_max}$, en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	$^{\circ}C$	$-\infty$	$+\infty$	2	
$\Delta\theta_{op\_inc\_C2}$					3	
$\Delta\theta_{op\_inc\_C3}$					4	
Cat_amb	Catégorie d'ambiance du groupe considéré au regard des catégories 1, 2 et 3 définies ci-dessous	Entier	1	3		
Constantes						
Nom	Description	Unité			Con v	
$\Delta\theta_{op\_min\_max}$	Ecart entre les températures opératives d'inconfort chaud minimale et maximale	$^{\circ}C$				2

Tableau 339 : Nomenclature du modèle

Les températures de consigne en occupation en chauffage et en refroidissement sont notées $\theta_{ii\_ch}^+(h)$ et $\theta_{ii\_fr}^+(h)$.

13.5.3.2 ***Mode de calcul***

Les calculs de cette fiche algorithme ne sont effectués qu'en mode confort d'été, c'est à dire quand

$$Mode=4 \text{ ou } 5 \quad (2542)$$

13.5.3.3 ***Calcul de la température d'inconfort chaud***

La première étape du calcul consiste à définir quelle est la température à partir de laquelle l'occupant est en situation d'inconfort chaud.

La température d'inconfort chaud est calculée d'après la norme **NF EN 16798-1**. Elle s'appuie sur la notion de confort adaptatif.

(Note : les calculs ci-dessous sont strictement identiques à ceux de la fiche algorithme

C_Ein_Indicateurs de confort).

La température moyenne glissante au jour j de la température extérieure $\theta_{rm}(j)$ est calculée dans la fiche climat extérieur.

On détermine alors les valeurs de $\Delta\theta_{op\_inc}$ à utiliser dans le calcul des $\theta_{op\_inc\_max}$, seuil d'inconfort maximal de température opérative ressentie pour les trois catégories d'ambiance. Les formules de calcul des $\theta_{op\_inc\_max}$ sont les suivantes :

$$\begin{aligned}\theta_{op\_inc\_max\_c1}(j) &= MAX(\theta_{iifr}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_c1}) \\ \theta_{op\_inc\_max\_c2}(j) &= MAX(\theta_{iifr}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_c2}) \\ \theta_{op\_inc\_max\_c3}(j) &= MAX(\theta_{iifr}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_c3})\end{aligned}\quad (2543)$$

La valeur de catégorie d'ambiance retenue dépend du type d'usage du projet :

USAGE de la zone au sens des scénarios	Valeur de Cat_amb
Bâtiments à usage d'habitation	1
Autres usages	1

Tableau 340: Relation entre les catégories d'ambiance et le type d'usage

Valeur maximale

Quel que soit l'usage, nous limiterons la température d'inconfort chaud à 2°C au-dessus de la température de consigne de refroidissement ($\Delta\theta_{op\_min\_max}=2^\circ\text{C}$)¹³.

Valeur minimale

De plus, l'échange thermique entre l'occupant et l'air ambiant est réduit en période de sommeil. Pour les usages d'habitation, la température d'inconfort chaud aux heures de la nuit est donc supposée égale à la température de consigne de refroidissement en occupation normale, sans effet du confort adaptatif.

Si le groupe appartient à une zone dont l'usage est de type « habitation » (maison individuelle, logement collectif, établissement sanitaire avec hébergement) :

Si $6 < h_{leg} \leq 22$,

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op\_inc\_max\_C1\_op\_min\_max}()) \quad (2544)$$

Sinon (période de sommeil),

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \theta_{iifr}^+$$

Pour les autres types d'usage

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op\_inc\_max\_C1\_op\_min\_max}()) \quad (2545)$$

La température d'inconfort chaud $\theta_{op\_conf\_ch}(h)$ est calculée à chaque heure et pour chaque groupe. Elle est, par définition, identique pour tous les groupes d'une même zone.

¹³ La norme NF EN 16798-1 précise que la base de données utilisée pour déterminer la température d'inconfort chaud est restreinte pour des $\theta_{rm}(j)$ supérieures à 25°C.

13.5.3.4 *Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne*

L'indicateur de période de confort adaptatif $Is_{conf\_adapt}(h)$ dépend des données météorologiques et est donc calculé dans la fiche algorithme « climat extérieur ».

Remarque : la température de consigne de refroidissement est donnée au niveau de la zone (puisque liée aux scénarios d'occupation). Cependant, quelle que soit sa valeur, par construction, nous sommes en période de confort adaptatif du premier jour au dernier jour de l'année où la $\theta_{rm}(j)$ est supérieure à 16°C. Cette condition ne dépend que du climat et est donc la même pour toutes les zones d'un bâtiment.

Par ailleurs, nous déterminons l'écart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation :

Si Mode=Th-D,

$$\Delta\theta_{conf\_adapt}(h) = \max(0; \theta_{op\_conf\_ch}(h) - \theta_{iifr}^+) \quad (2546)$$

Par construction, cet écart est nul hors période de confort adaptatif. $\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$ est utilisé dans les modèles lorsque la température ressentie par l'occupant est un critère d'action sur le bâti.

13.5.3.5 *Déplacement de la zone de confort*

En présence de systèmes qui modifient la sensation thermique des occupants (par la création d'une vitesse d'air, un apport ou une diminution de l'humidité de l'air, etc.), la zone de confort est modifiée.

$$\theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) = \theta_{op\_conf\_ch}(h) + \Delta\theta^{corr\_syst}(h) \quad (2547)$$

Cette température va être comparée à la température opérative du groupe.

13.5.3.6 *Calcul de $\theta_{op}(h)$*

La température opérative $\theta_{op}(h)$ est calculée heure par heure pour chaque groupe (cf. C_BAT_comportement thermique d'un groupe et C-Emi-Systèmes Emissions du groupe en chaud et en froid).

13.5.3.7 *Calcul des indicateurs pédagogiques*

Les calculs sont effectués en période de confort adaptatif et en période d'occupation ($I_{sconf\_adapt}(h)=1$ et $I_{occ\_zone}(h)=1$).

Initialisation au pas de temps 0 : $Nbh_{inconf} = Nbh_{inconf+1C} = Nbh_{inconf+2C} = 0$

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) \\ Nbh_{inconf} += 1 \end{aligned} \quad (2548)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) + 1 \\ Nbh_{inconf+1C} += 1 \end{aligned} \quad (2549)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) + 2 \\ Nbh_{inconf+2C} += 1 \end{aligned} \quad (2550)$$

13.5.3.8 *Calcul de l'indicateur de confort d'été*

L'indicateur de confort d'été est égal au cumul de l'écart à la température de confort adaptatif de chaque heure. Les calculs sont effectués en période de confort adaptatif et en période d'occupation ($I_{sconf\_adapt}(h)=1$ et $I_{occ\_zone}(h)=1$).

$$DH = \sum_{\substack{h \text{ telle que} \\ (I_{s\_occ\_zone}(h)=1 \text{ et} \\ I_{s\_conf\_adapt}(h)=1)}} \max(0; \theta_{op}(h) - \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h)) \quad (2551)$$

13.6 C_CALC_Indicateurs pédagogiques en fonction du nombre d'occupants

13.6.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme décrit le calcul de la consommation (CEP) en fonction du nombre d'occupants.

La présente fiche présente comment le nombre d'occupants est calculé pour les usages résidentiels en fonction du type de logement, et comment des indicateurs pédagogiques rapportés au nombre d'occupants sont calculés à l'aide de cette valeur.

13.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 341 présente la nomenclature des différentes variables pour le calcul de l'Indicateur

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
N_{occ}^{zn}	Nombre total d'occupants de la zone	
Cep_annuel^{bat}	Consommation annuelle totale en énergie primaire du bâtiment	kWhep/m ² .an
$SREF^{bat}$	Surface de référence du bâtiment	m ²
Sorties		
Nom	Description	Unité
$CEP\_annuel\_par\_occ$	Consommation totale en énergie primaire par occupant	kWhep/oc.c.an
Variables internes		
Nom	Description	Unité
N_{occ}^{bat}	Nombre total d'occupants du bâtiment	-

Tableau 341 : Nomenclature des différentes variables du modèle

13.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

13.6.3.1 Hypothèses sur le nombre d'occupants

Bâtiments résidentiels :

La réglementation introduit un indicateur présentant la consommation totale d'énergie primaire par occupant.

Le calcul de l'indicateur se fait par la division de l'indicateur CEP par le nombre d'occupants. Le nombre d'occupants en résidentiel n'étant pas connu, une balise est ajoutée au niveau de la zone pour permettre la saisie de cette valeur.

Le nombre d'occupants à saisir dans le calcul en résidentiel dépend du nombre et du type de logements présents dans le bâtiment. Il est égal au nombre de pièces principales du logement (séjour, chambres).

Nombre de pièces principales	Nombre d'occupants à retenir pour l'indicateur
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7

Tableau 342 – Nombre d'occupants à prendre en compte en fonction du nombre de pièces des logements

Ces valeurs peuvent être utilisés à pour calculer la valeur de la balise correspondante au nombre total des occupants des bâtiments résidentiels.

Bâtiments tertiaires :

Pour les bâtiments tertiaires les valeurs d'occupation issues des scénarios conventionnels **peuvent être utilisées.**

Pour les bâtiments d'enseignement le nombre d'occupants est pris égal au nombre d'élèves prévu lors de la programmation de la construction.

13.6.3.2 Algorithme de calcul de l'indicateur

Dans un premier temps, pour chaque zone on doit récupérer le nombre d'occupants ($Nocc^{zn}$).

Le nombre d'occupants au niveau bâtiment est obtenu en sommant les nombre d'occupants de chaque zone :

$$Nocc^{bat} = \sum_{zn \in bat} Nocc^{zn} \quad (2552)$$

La consommation annuelle par occupant est obtenue par la formule suivante :

Si $Nocc^{bat} = 0$ alors $Cep\_annuel\_par\_occ^{bat} = 0$ sinon

$$Cep\_annuel\_par\_occ^{bat} = \frac{Cep\_annuel^{bat} * SREF^{bat}}{Nocc^{bat}} \quad (2553)$$

14. GLOSSAIRE

Cette partie fournit un glossaire pour les principaux acronymes utilisés dans cette méthode de calcul.

Bbio : Besoin bioclimatique

BR : Caractérisation du classement au bruit d'une baie (peut prendre les valeurs BR1 BR2 BR3)

Cep : Consommations en énergie primaire

CESI : Chauffe-Eau Solaire Individuel

CESCAI : Chauffe-eau Solaire Collectif à stockage collectif et Appoint Individualisé

CESCI : Chauffe-eau Solaire Collectif à stockage et appoint Individualisé

CET : Chauffe-eau Thermodynamique

COP : Coefficient de Performance

CTA : Centrale de Traitement d'Air

DAC : Débit d'Air Constant

DAV : Débit d'Air Variable

DF : Double Flux

DRV : Débit de Réfrigérant Variable

EER : Energy Efficiency Ratio (ratio d'efficacité énergétique)

ENR : Energie Renouvelable

ECS : Eau chaude sanitaire

FOD : Fioul Ordinaire Domestique

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

GPM : Gestion des Protections Solaires Mobiles

GUE : Gaz Utilisation Efficiency (Efficacité d'Utilisation du Gaz)

PAC : Pompe à chaleur

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

PCI : Pouvoir calorifique inférieur

PM : Protection mobile

PV : Photovoltaïque

SF : Simple Flux

SSC : Système Solaire Combiné

15. **SCENARIOS CONVENTIONNELS**

Les scenarios conventionnels sont approuvés¹⁴.

¹⁴ Les scenarios susmentionnés sont consultables sur le site internet de la direction de l'urbanisme et des paysages à l'adresse suivante : <https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/textes-en-version-consolidee-mise-a-jour-suite-a-a617.html>, ou consultables dans ses locaux (tour Séquoïa, 1, place Carpeaux, 92800 Puteaux).

16. INTEGRATION DES TITRES V « SYSTEME » RT2012 EN RE2020

On retrouve dans ce chapitre les Titres V « système agréé en RT2012 et intégré à la méthode « Th-BCE 2020 » via la procédure lancée en août 2021.

16.1 C_BAT_Fenêtres parietodynamiques Ridoret

16.1.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des fenêtres parietodynamiques dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Au sens de la présente méthode, une fenêtre parietodynamique est un système qui permet à l'air extérieur d'entrer par des entrées d'air situées dans le haut de la menuiserie, de circuler dans deux lames d'air formées par un triple vitrage et de pénétrer dans le local par l'intermédiaire d'une bouche d'entrée d'air en partie haute de la menuiserie. Par ce système l'air circulant se réchauffe du fait de deux phénomènes : la récupération d'énergie sur la déperdition de la fenêtre et le rayonnement solaire absorbé.

16.1.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode s'applique à l'ensemble des bâtiments équipés de fenêtres parietodynamiques en position verticale (angle entre la paroi et le plan horizontal supérieur ou égal à 60°). Les fenêtres parietodynamiques sont de type triple vitrage.

Pour tous les types de bâtiment, le système de fenêtre parietodynamique doit être utilisé avec une ventilation de type VMC simple flux par extraction (y compris hygroréglable) ou avec une ventilation hybride.

16.1.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

La méthode de calcul consiste pour les déperditions à répercuter la récupération de chaleur par l'air sur le coefficient de transmission thermique U. Le nouveau coefficient de transmission thermique ainsi calculé est noté U'_{ap_vert} ou U'_{sp_vert} selon que la fenêtre est avec ou sans protection mobile.

L'impact sur les apports solaires sera quant à lui imputé sur le facteur solaire Sw d'une fenêtre classique par un supplément de facteur solaire ΔSw .

La méthode de calcul consiste d'abord à évaluer le débit circulant par vantail (ouvrant) parietodynamique $Q_{ouvrant}$ puis de calculer les coefficients ETA , ΔSw_2 et ΔSw_3 qui dépendent de $Q_{ouvrant}$.

On distingue deux valeurs de ETA , ΔSw_2 et ΔSw_3 obtenus avec ou sans protection mobile. On les nommera par la suite respectivement ETA_{ap} , ΔSw_{2ap} , ΔSw_{3ap} et ETA_{sp} , ΔSw_{2sp} , ΔSw_{3sp} .

16.1.3.1 Calcul du débit d'air par ouvrant $Q_{ouvrant}$

On calcule tout d'abord $SMEA4Pa$ qui correspond au débit de l'ensemble des entrées d'air parietodynamiques sous 4 Pa :

$$SMEA_{4Pa} = SMEA_{20Pa} * \left(\frac{4}{20}\right)^{0,5} \quad (2554)$$

Avec : $SMEA_{20Pa}$: Somme des modules d'entrée d'air à 20 Pa des ouvrants parietodynamiques [m³/h].

Pour les vitrages dont la largeur est supérieure à 620 mm, le nombre et le type d'entrée d'air doit être adapté en fonction de la largeur du vitrage. Les deux lames d'air ayant la même largeur, les mortaises côté intérieur (sortie d'air) seront identiques aux mortaises côté extérieur (entrée d'air). Le Tableau ci-dessous indique le type de mortaise, soit 250x15 mm, soit 354x12 mm et leur nombre minimal nécessaires en fonction de la largeur du vitrage. Il est possible de remplacer une entrée d'air 250x15 mm par une entrée d'air 354x12 mm.

Largeur vitrage [mm]	Nombre de mortaises 250x15 mm	Largeur vitrage [mm]	Nombre de mortaises 354x12 mm
≤ 620	1	≤ 680	1
620 < L ≤ 1240	2	680 < L ≤ 720	-
1240 < L ≤ 1860	3	720 < L ≤ 1360	2
1860 < L ≤ 2480	4	1360 < L ≤ 2050	3
2480 < L ≤ 3100	5	2050 < L ≤ 2730	4
> 3100	1 supplémentaire tous les 600 mm	2730 < L ≤ 3410	5
		> 3410	1 supplémentaire tous les 670 mm

Tableau 343 - Nombre d'entrées d'air en fonction de la largeur du vitrage et du type d'entrée d'air

Ainsi, dans le cas d'un ouvrant parietodynamique muni de plusieurs entrées d'air pour le calcul de $SMEA_{20Pa}$ il faut prendre la somme des modules d'entrées d'air équipant l'ouvrant.

$SMEA_{np4Pa}$ correspond au débit de l'ensemble des entrées d'air non parietodynamiques sous 4 Pa :

$$SMEA_{np4Pa} = SMEA_{np20Pa} * \left(\frac{4}{20}\right)^{0,5} \quad (2555)$$

Avec : $SMEA_{np20Pa}$: Somme des modules d'entrée d'air à 20 Pa non parietodynamiques [m³/h].

Le débit total extrait Q_{extrait} pour le bâtiment étudié dépend de l'usage du bâtiment. On utilise les formules suivantes (VMC simple flux par extraction ou ventilation hybride) :

En résidentiel :

$$Q_{\text{extrait}} = C_d * C_{fr} * \left(\frac{11}{12} * Q_{\text{base}} + \frac{1}{12} * Q_{\text{pointe}} \right) \quad (2556)$$

En tertiaire :

$$Q_{\text{extrait}} = C_d * C_{fr} * \left(\frac{1}{3} * Q_{v\_occ} + \frac{2}{3} * Q_{v\_inocc} \right) \quad (2557)$$

Avec :

- C_d : Coefficient de dépassement (§ 6.2.3.3 méthode Th-BCE 2020, tableau 59) ;
- C_{fr} : Coefficient de fuite du réseau (§ 6.2.3.4 méthode Th-BCE 2020, tableau 60).

En résidentiel :

$$C_{fr} = 1 + \frac{3600 * K_{res} * A_{cond,rep} * dP^{0.667}}{C_d * \left(\frac{11}{12} * Q_{\text{base}} + \frac{1}{12} * Q_{\text{pointe}} \right)} \quad (2558)$$

En tertiaire :

$$C_{fr} = 1 + \frac{3600 * K_{res} * A_{cond,rep} * dP^{0.667}}{C_d * \left(\frac{1}{3} * Q_{v\_occ} + \frac{2}{3} * Q_{v\_inocc} \right)} \quad (2559)$$

Avec :

- Q_{base} : Débit de base spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,conv\_base}}^{g,s}$) ;
- Q_{pointe} : Débit de pointe spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,conv\_pointe}}^{g,s}$) ;
- Q_{v_occ} : Débit en en occupation spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,occ}}^{g,s}$) ;
- Q_{v_inocc} : Débit en en inoccupation spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,inocc}}^{g,s}$).

Le débit par les défauts d'étanchéité $Q_{\text{def\_étanch}}$ [m³/h] se calcule comme suit :

$$Q_{\text{def\_étanch}} = A_{\text{Tbat}} * Q_{4\text{Pa\_surf}} \quad (2560)$$

Suite à ces différents calculs, il est possible de calculer le débit par ouvrant pariétodynamique Q_{ouvrant} :

- Si le bâtiment est à usage « Logement collectif » et est équipé d'une ventilation hybride :

$$Q_{\text{ouvrant}} = 1,03 * \frac{Q_{\text{extrait}}}{N_{\text{vantaux}}} * \frac{SMEA_{4\text{Pa}}}{SMEA_{4\text{Pa}} + SMEA_{\text{np}4\text{Pa}} + Q_{\text{def\_étanch}}} \quad (2561)$$

- Sinon :

$$Q_{\text{ouvrant}} = \frac{Q_{\text{extrait}}}{N_{\text{vantaux}}} * \frac{SMEA_{4\text{Pa}}}{SMEA_{4\text{Pa}} + SMEA_{\text{np}4\text{Pa}} + Q_{\text{def\_étanch}}} \quad (2562)$$

Avec N_{vantaux} : Nombre de vantaux pariétodynamiques.

16.1.3.2 Calcul des coefficients ETA

La récupération de chaleur par renouvellement d'air est modélisée par un coefficient ETA qui correspond à une Efficacité de Transfert d'Air. Le coefficient ETA se calcule en fonction du type de baie et du débit d'air traversant un ouvrant parietodynamique. Les trois types de baie pris en compte sont les suivants :

- Fenêtre à un vantail
- Fenêtre à deux vantaux
- Porte-fenêtre

Pour chaque type de baie, une équation linéaire ou polynomiale donne la valeur du coefficient ETA en fonction du débit d'air (Q_{ouvrant}). Pour les débits d'air de 0 à 5 m³/h, on le calcule selon la formule donnée dans le Tableau 2 et 3. Pour les débits supérieurs, on le calcule à partir de la formule suivante :

$$ETA_{\text{sp}} \text{ ou } ETA_{\text{ap}} = m_3 * Q_{\text{ouvrant}}^3 + m_2 * Q_{\text{ouvrant}}^2 + m_1 * Q_{\text{ouvrant}} + b \quad (2563)$$

Les valeurs des coefficients polynomiaux m_3 , m_2 , m_1 et b pour le calcul de ETA_{sp} et ETA_{ap} sont définies dans les Tableaux 2 et 3 suivants :

		Fenêtre à un vantail				Fenêtre à deux vantaux			
Q _{ouvrant} [m³/h]	Protection	Coefficients ETA							
0 ≤ Q ≤ 5	sans	(-0,136 x Q) + 1				(-0,140 x Q) + 1			
	avec								
5 < Q ≤ 40	I	Coefficients des polynômes pour ETA							
		m ₃	m ₂	m ₁	b	m ₃	m ₂	m ₁	b
	sans	1,33E-07	1,02E-04	-1,03E-02	3,40E-01	-5,41E-07	1,61E-04	-1,18E-02	3,50E-01
	avec	-2,34E-06	3,10E-04	-1,56E-02	3,63E-01	-2,94E-06	3,60E-04	-1,68E-02	3,66E-01

Tableau 344 - Coefficients des polynômes pour ETA

		Porte-fenêtre			
Q_{ouvrant} [m ³ /h]	Protection	Coefficients ETA			
$0 \leq Q \leq 5$	sans	$(-0,130 \times Q) + 1$			
	avec				
$5 < Q \leq 40$		Coefficients des polynômes pour ETA			
		m_3	m_2	m_1	b
	sans	3,50E-06	-1,80E-04	-4,05E-03	3,80E-01
	avec	9,04E-07	4,69E-05	-1,00E-02	4,00E-01

Tableau 345 - Coefficients des polynômes pour ETA

16.1.3.3 Calcul des coefficients ΔS_w

Pour chaque type de baie, des équations polynomiales donnent la valeur des suppléments de facteur solaire ΔS_w2 et ΔS_w3 en fonction du débit d'air (Q_{ouvrant}). Pour les débits d'air de 0 à 5 m³/h, on le calcule selon la formule donnée dans le Tableau 4 et 5. Pour les débits supérieurs, on le calcul à partir de la formule suivante :

$$\Delta S_w2 \text{ ou } \Delta S_w3 = m_3 * Q_{\text{ouvrant}}^3 + m_2 * Q_{\text{ouvrant}}^2 + m_1 * Q_{\text{ouvrant}} + b \quad (2564)$$

Les équations et les valeurs des coefficients polynomiaux m_3 , m_2 , m_1 et b sont définies dans le Tableau 4 et le Tableau 5.

			Fenêtre à un vantail				Fenêtre à deux vantaux				Porte-fenêtre			
Q _{ouvrant} [m³/h]	Saison	Protection	Coefficients des polynômes pour ΔSw2											
			m ₃	m ₂	m ₁	b	m ₃	m ₂	m ₁	b	m ₃	m ₂	m ₁	b
0 ≤ Q ≤ 40	Hiver	Sans	0	1,63E-05	2,24E-03	0	0	1,82E-05	2,35E-03	0	0	4,21E-06	1,38E-03	0
	Eté		0	1,72E-05	2,45E-03	0	0	1,97E-05	2,59E-03	0	0	4,38E-06	1,55E-03	0
	Hiver	Avec	2,73E-07	2,27E-05	4,93E-04	0	2,95E-07	2,41E-05	5,10E-04	0	5,70E-08	8,52E-06	3,06E-04	0
	Eté													

Tableau 346 - Coefficients des polynômes pour $\Delta S w_2$

			Fenêtre à un vantail			Fenêtre à deux vantaux			Porte-fenêtre		
Q _{ouvrant} [m³/h]	Sais on	Prot ectio n	Coefficients ΔSw3								
0 ≤ Q ≤ 5	Hive r	San s	0,0178 x Q			0,0189 x Q			0,0143 x Q		
	Eté										
			Coefficients des polynômes pour ΔSw3								
			m ₂	m ₁	b	m ₂	m ₁	b	m ₂	m ₁	b
0 ≤ Q ≤ 40	Hive r	San s	-7,87E-05	7,03E-03	6,91E-02	-8,05E-05	7,15E-03	7,53E-02	-6,34E-05	4,85E-03	5,10E-02
	Eté										
	Hive r	Avec	-1,07E-05	1,39E-03	0	-1,18E-05	1,47E-03	0	-1,16E-05	1,23E-03	0
	Eté										

Tableau 347 - Coefficients des polynômes pour $\Delta S w_3$

16.1.3.4 Calcul des coefficients de transmission thermique et des facteurs solaires équivalents

Le calcul réglementaire pour une fenêtre parietodynamique est ensuite mené en utilisant les valeurs suivantes en données d'entrée :

$$U'_{ap\_vert} = U_{ap\_vert} - \frac{0,34 * Q_{ouvrant} * ETA_{ap}}{A_{pariéto}} \quad (2565)$$

$$U'_{sp\_vert} = U_{sp\_vert} - \frac{0,34 * Q_{ouvrant} * ETA_{sp}}{A_{pariéto}} \quad (2566)$$

Avec : $A_{pariéto}$: surface d'un vantail de la fenêtre (avec le dormant correspondant) [m²]. En général pour une fenêtre à deux vantaux, A_w étant la surface totale de la fenêtre : $A_{pariéto} = A_w / 2$.

Pour les composantes des facteurs solaires on a :

- $Sw1'_{ap} = Sw1_{ap}$
- $Sw1'_{sp} = Sw1_{sp}$
- $Sw2'_{ap} = Sw2_{ap} + \Delta Sw2_{ap}$
- $Sw2'_{sp} = Sw2_{sp} + \Delta Sw2_{sp}$
- $Sw3'_{ap} = Sw3_{ap} + \Delta Sw3_{ap}$
- $Sw3'_{sp} = Sw3_{sp} + \Delta Sw3_{sp}$
- $Tl'_{ap} = Tl_{ap}$
- $Tl'_{sp} = Tl_{sp}$

Pour les calculs en mode Th-D, il est nécessaire d'utiliser des facteurs solaires différents de ceux utilisés pour les calculs Th-B et Th-C. On prend en compte les coefficients $\Delta Sw2_{e_{sp}}$, $\Delta Sw3_{e_{sp}}$ pour effectuer les calculs des facteurs solaires été de la baie parietodynamique :

- $Sw1e'_{sp} = Sw1_{sp}$
- $Sw2e'_{sp} = Sw2_{e_{sp}} + \Delta Sw2_{e_{sp}}$
- $Sw3e'_{sp} = Sw3_{e_{sp}} + \Delta Sw3_{e_{sp}}$

Remarques : tous les coefficients U, Tl et Sw ci-dessus sans la notation « prime » sont les caractéristiques de base de la fenêtre parietodynamique, c'est-à-dire sans circulation d'air. Ces caractéristiques de base sont celles d'une fenêtre triple vitrage identique (même composition de vitrage et même menuiserie). Pour les facteurs solaires Sw et suppléments ΔSw la notation e signifie « été ».

16.2 C_GEN_Conduit échangeur Poujoulat sur appareil indépendant de chauffage à bois

16.2.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des conduits échangeurs air-air dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Le système, désigné « conduit échangeur » dans la suite de ce chapitre, est un composant statique de type échangeur de chaleur air-air intégré au conduit de fumée d'un appareil indépendant de chauffage au bois (granulés ou bûches).

Lorsque l'appareil indépendant de chauffage au bois fonctionne, le système conduit échangeur permet de réaliser un appoint de chauffage sur de l'air qui y circule et qui est ensuite distribué dans les différentes chambres de l'habitation. Ce système valorise ainsi une partie de la chaleur initialement perdue par les fumées de combustion. En association avec un groupe motorisé de distribution d'air, il permet d'homogénéiser les températures entre les différentes pièces de vie.

Le système conduit échangeur est un élément multi-paroi de conduit de fumée métallique en acier inoxydable à paroi intérieure lisse soudée en continu, qui s'intègre parfaitement à l'une des gammes de conduits de fumisterie suivantes : Inox-Galva (IG), Therminox (TI) ou Poêle à Granulés Inox (PGI).

La présente méthode s'applique uniquement aux conduits échangeurs Poujoulat utilisés pour réaliser les montages CONFORT+, ALLIANCE et SUNWOOD, aux caractéristiques décrites ci-après.

Le système conduit échangeur doit être utilisé en association avec un auxiliaire motorisé de distribution d'air. Cet auxiliaire motorisé doit obligatoirement être constitué d'un moteur à commutation électronique (moteur EC) dont la courbe de fonctionnement est de type à débit constant. La nature exacte de cet auxiliaire motorisé dépend ensuite du montage de distribution d'air chaud retenu :

- Montage CONFORT+ : auxiliaire motorisé R2E ;
- Montage ALLIANCE : auxiliaire motorisé correspondant au moteur de soufflage de la ventilation mécanique contrôlée à double flux (VMC-DF) retenue ;
- Montage SUNWOOD : auxiliaire motorisé Modul-R.

Ces 3 montages de distribution d'air chaud intègrent nécessairement un conduit échangeur. Les spécificités de chaque montage sont détaillées ci-après.

16.2.1.1 Montage 1 : CONFORT+

Lorsque le système conduit échangeur est associé à l'auxiliaire motorisé **R2E**, le montage porte la dénomination **CONFORT+** :

La VMC (ventilation mécanique contrôlée) simple ou double flux reste indépendante. De l'air ambiant est prélevé autour de l'appareil à bois lorsque son fonctionnement est détecté, puis il est réchauffé lors de son passage dans le conduit échangeur. Le transport de l'air chaud depuis la pièce de vie principale jusque dans les chambres est réalisé à l'aide du caisson motorisé R2E avec un débit fixé à l'installation (moteur EC à courbe de type débit constant).

16.2.1.2 Montage 2 : ALLIANCE

Lorsque le système conduit échangeur est associé à l'auxiliaire motorisé de soufflage d'une ventilation mécanique contrôlée à double flux, nommée ensuite **VMC-DF**, le montage porte la dénomination **ALLIANCE** et intègre de manière systématique un appoint régulé Kit BOOSTY :

La VMC double flux retenue doit impérativement être équipée d'une motorisation dont la courbe de fonctionnement est de type débit constant. Le conduit échangeur est intégré à la branche du réseau de soufflage de la VMC-DF qui dessert les chambres et l'appoint régulé Kit BOOSTY y est intégré systématiquement. Lorsque l'appareil à bois fonctionne, un appoint d'énergie est alors réalisé sur la partie de l'air soufflé qui circule dans le conduit échangeur. Pour la seconde branche du réseau de soufflage de la VMC-DF, qui apporte l'air à destination du salon/séjour, l'équilibrage doit être réalisé au moyen d'un registre mécanique à volet, systématiquement fourni.

16.2.1.3 **Montage 3 : SUNWOOD**

Lorsque le système conduit échangeur est associé à un système de récupération d'air chaud sous panneaux solaires, le montage porte la dénomination **SUNWOOD** :

La VMC simple flux ou double-flux reste indépendante. Le conduit échangeur est intégré au réseau de soufflage d'air chaud à destination des chambres en aval de l'auxiliaire motorisé, équipé d'un moteur EC à courbe de type débit constant. Dans ce montage, il est donné priorité à la valorisation de l'énergie solaire. Selon la consigne de l'occupant et l'opportunité de récupérer de l'air chaud grâce au chauffage au bois ou aux panneaux solaires, les spécificités suivantes sont observées :

- En mode chauffage au bois, de l'air ambiant est prélevé par l'auxiliaire motorisé via une bouche située au-dessus de l'appareil indépendant de chauffage au bois en fonctionnement. Il est ensuite réchauffé lors de son passage dans le conduit échangeur, avant sa distribution dans chacune des chambres de l'habitation.
- En mode chauffage solaire, de l'air neuf extérieur est prélevé automatiquement en sous-face des panneaux solaires par l'auxiliaire motorisé dès qu'un potentiel suffisant est détecté. L'air est ensuite réparti dans chacune des pièces de vie de l'habitation, pièce principale et chambres, avec un minimum de 16 m³/h par pièce.

16.2.1.4 **Appoint régulé Kit BOOSTY :**

Pour les 3 montages précédents, il est possible de tenir compte en complément de la présence d'un appoint chauffant commandé sur le réseau de soufflage d'air. Cet appoint commandé de type résistance électrique, dont la puissance reste inférieure à 2 kW, est équipé par défaut de deux dispositifs indépendants de sécurité thermique et se positionne directement dans le réseau de soufflage à destination des chambres, exclusivement après le piquage de sortie d'air du conduit échangeur.

Dans ce cas, l'occupant bénéficie d'une solution pour commander, via un thermostat ambiant situé en zone nuit (dans une chambre ou en partie commune), un complément de chauffage sur l'air récupéré et soufflé par le système de distribution d'air chaud.

Cet appoint régulé Kit Boosty représente une émission complémentaire pouvant être liée à la base bois et dispose déjà des éléments permettant sa modélisation dans la méthode de calcul.

16.2.2 **CHAMP D'APPLICATION**

Le champ d'application de cette méthode se limite aux maisons individuelles, accolées ou non.

Il est nécessaire de disposer dans l'habitation d'un système de chauffage de type appareil indépendant de chauffage au bois, d'une puissance nominale comprise entre 3 et 12 kW.

Dans les cas de maisons avec combles perdus, les gaines du réseau sont toutes isolées. Les gaines permettant le raccord aux piquages latéraux du conduit échangeur sont de diamètre Ø125mm ou Ø160mm. Elles ont une isolation minimale de 25 mm d'épaisseur et présentent les caractéristiques suivantes :

- Classement au feu : M1 (gaine interne classée M0)
- Plage de température : -30°C / +140°C

Par défaut, ou sans connaissance de la classe d'étanchéité ni du ratio des gaines en volume chauffé, le réseau sera considéré comme classe D, E ou F (intitulé « autre – par défaut ») et le ratio des gaines en volume chauffé sera pris égal à zéro.

16.2.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

Le système conduit échangeur fonctionne en association avec un chauffage de type appareil indépendant de chauffage au bois. À ce titre, il faut tenir compte de la prise en compte des appareils indépendants de chauffage au bois dans les maisons individuelles ou accolées. Cette prise en compte fait l'objet du chapitre 8.2.4 de la présente méthode de calcul.

En complément, la méthode d'application décrite ici consiste à considérer le système conduit échangeur comme un « système d'émission complémentaire » dans la zone de chauffage mixte (couverte pour partie par l'appareil indépendant de chauffage à bois et pour partie par un autre système de chauffage dite « sous-partie B ») et le cas échéant dans la zone de chauffage de la partie située au-delà de la limite de 100 m², surface maximale couverte par l'appareil indépendant de chauffage à bois, avec affectation des ratios spatio-temporels associés. Cette nouvelle émission est à raccorder à un générateur fictif représentant le conduit échangeur.

Selon le montage choisi, la solution de distribution d'air chaud qui intègre le système permet de couvrir tout ou partie des besoins de chauffage d'une habitation, le reste de l'énergie nécessaire étant fournie par un ou plusieurs dispositifs complémentaires de chauffage. Ainsi, la prise en compte de ce Titre V et l'ordre de priorité des générateurs s'intègrent de la manière suivante :

Dans le cas des appareils indépendants de chauffage à bois dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure :

1 - Système de chauffage principal : appareil indépendant de chauffage au bois (lié aux « sous-parties A et B » définies dans la méthode de calcul Th-BCE)

2 - Systèmes complémentaires (liés à la « sous-partie B » définie dans la méthode de calcul Th-BCE):

2.1 - Générateur fictif : Conduit échangeur

2.2 - Générateur d'appoint

3 - Systèmes complémentaires (liés à la "partie située au-delà de la limite de 100m²") :

3.1 - Générateur fictif : Conduit échangeur (le cas échéant)

3.2 - Générateur d'appoint

Dans le cas des appareils indépendants de chauffage à bois qui ne sont pas dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure :

1 - Système de chauffage principal : système doté d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure

2 - Systèmes complémentaires :

2.1 - Appareil indépendant de chauffage au bois (lié aux « sous-parties A et B » définies dans la méthode de calcul Th-BCE)

2.2 - Générateur fictif : Conduit échangeur (lié à la « sous-partie B » définie dans la méthode de calcul Th-BCE)

2.3 - Générateur d'appoint (lié à la « sous-partie B » définie dans la méthode de calcul Th-BCE)

3 - Systèmes complémentaires (lié à la "partie située au-delà de la limite de 100m²") :

3.1 - Générateur fictif : Conduit échangeur (le cas échéant)

3.2 -- Générateur d'appoint

16.2.3.1 Méthodologie de description

Quel que soit le montage choisi (CONFORT+, ALLIANCE ou SUNWOOD), la méthodologie générale de prise en compte du système conduit échangeur est la suivante :

En complément du chauffage réalisé par l'appareil indépendant de chauffage au bois, le système doit être pris en compte suivant trois points :

Point 1 : Ajout d'une génération représentant le Conduit échangeur Poujolat

- Type de générateur : 403 / Poêle à bois
- Service du générateur : Chauffage seul
- Puissance nominale : Pmoy_Ech [kW]
- Rendement : 100,0 %

Point 2 : Ajout d'une émission par air soufflé liée à la génération Conduit échangeur Poujolat

- Part de surface du groupe assurée par cette émission : Rats_Ech [%]
- Part de besoins assurée par ce système d'émission : Ratt_Ech [%]
- Classe de variation spatiale : C
- Variation temporelle : « par défaut - sans arrêt possible par les occupants »
- Type de réseau : inexistant ou pertes nulles

Point 3 : Ajout d'une surconsommation électrique :

Quel que soit le montage choisi, la surconsommation électrique de l'auxiliaire motorisé de distribution d'air associé au conduit échangeur est considérée comme étant fixe et égale à **+10%**.

Montage 1 - CONFORT+ : Majoration de +10% de Pelec_R2E_max [W]

Montage 2 - ALLIANCE : Majoration de +10% de la puissance électrique consommée par la VMC-DF, pour les débits de base et de pointe (uniquement au soufflage).

Montage 3 - SUNWOOD : Majoration de +10% de la puissance électrique consommée par l'auxiliaire de ventilation.

16.2.3.2 *Caractéristiques de la génération représentant le conduit échangeur*

Le paramètre principal est la puissance disponible pour ce générateur. Elle est caractérisée par le paramètre **Pmoy_Ech [kW]** : Puissance moyenne récupérée dans le conduit échangeur.

Elle dépend de Tf_nom, la température moyenne des fumées pour le régime nominal de l'appareil indépendant de chauffage au bois. Cette valeur est disponible dans la déclaration de performance (DoP) de l'appareil à bois

Pmoy_Ech doit être déterminée en utilisant le couple de paramètres (a ; b) approprié selon la configuration étudiée, selon l'équation suivante :

$$P_{moy\_Ech} = \frac{a * T_{f\_nom} - b}{1000} \quad (2567)$$

Le tableau ci-dessous donne les couples (a ; b) en fonction de la puissance nominale de l'appareil indépendant de chauffage au bois et en fonction du type de conduit échangeur Poujoulat considéré.

(a ; b)	Puissance nominale de l'appareil à bois		
	< 6 kW min 3 kW	6 à 8 kW	> 8 kW max 12 kW
Conduit échangeur TI	(2,363 ; 172,4)	(2,504 ; 162,5)	(2,617 ; 177,6)
Conduit échangeur IG	(2,154 ; 114,9)	(3,505 ; 347,3)	(3,615 ; 296,0)
Conduit échangeur PGI	(2,681 ; 181,6)	(2,924 ; 147,5)	(2,924 ; 128,7)

Tableau 348 : Paramètres (a ; b) pour la détermination de P_{moy_Ech}

Il convient de ne considérer qu'un groupe correspondant à la surface habitable du logement.

16.2.3.3 Caractéristiques de l'émission associée au conduit échangeur

On doit caractériser la part de surface couverte par l'émission (le ratio spatial Rat_s_Ech [%]), ainsi que la part des besoins couverts par l'émission (le ratio temporel Rat_t_Ech [%]).

Rat_s_Ech [%] : Part de la surface du groupe assurée par l'émission par air soufflée qui est liée au système

$$Rat_s\_Ech = \frac{\sum SHab\_Ch}{SHab\_Tot} \quad (2568)$$

Rat_t_Ech [%] : Part des besoins du groupe assuré par l'émission par air soufflée qui est liée au système

$$Rat_t\_Ech = \frac{P_{moy\_Ech}}{\sum P_{dep\_Ch}} \quad (2569)$$

Avec $\sum SHab\_Ch$: Somme des surfaces habitables des chambres distribuées [m²]

$SHab\_Tot$: Surface habitable totale de l'habitation [m²]

$\sum P_{dep\_Ch}$: Somme des puissances des déperditions dans les chambres distribuées [kW]

16.2.3.4 Ajout de la surconsommation électrique

La consommation électrique est caractérisée par le paramètre $Pelec\_aux\_Ech$ [W]. On applique une surconsommation forfaitaire de 10%. Ainsi,

$Pelec\_aux\_Ech$ [W] : valeur obtenue en majorant de +10% la puissance max consommée par l'auxiliaire motorisé du montage retenu.

Par exemple, pour le montage CONFORT+ : $Pelec\_aux\_Ech = 1,10 * Pelec\_R2E\_max$.

Position du potentiomètre	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Débit total d'air fourni [m ³ /h] (*)	70 m ³ /h	95 m ³ /h	120 m ³ /h	140 m ³ /h	160 m ³ /h
$Pelec\_R2E\_max$ [W] (**)	5 W	10 W	15 W	20 W	≤ 30 W

Nombre maxi de bouches d'air chaud	40 m ³ /h max par bouche	2	3	3	4	4
	60 m ³ /h max par bouche	2	2	2	3	3

**Tableau 349 : Puissance max du moteur R2E en fonction du débit d'air fourni
et du nombre de bouches distribuées**

(*) Le groupe motorisé est équipé d'un moteur EC basse consommation à débit constant. Après réglage du potentiomètre, le débit attendu sera délivré, quelles que soient les pertes de charge du réseau et le nombre de bouches distribuées. Toutefois, pour de meilleures performances thermiques et acoustiques, il est recommandé de se limiter à 4 bouches de soufflage d'air chaud et à une distance de 10 m entre le moteur et la bouche la plus éloignée.

(**) En tenant compte d'une perte de charge totale moyenne de 150 Pa dans le réseau de distribution.

16.2.3.5 Récapitulatif des ratios spatiaux et temporels à appliquer

Afin d'avoir une vision globale des ratios spatiaux et temporels qui vont s'appliquer lors de la saisie, à la fois pour les appareils indépendants de chauffage à bois (selon qu'ils sont régulés ou non), et pour le conduit échangeur (avec l'éventuel émetteur complémentaire kit BOOSTY pris en compte ici en tant qu'appoint électrique sans lien avec l'émetteur principal), on retrouve ci-dessous les tableaux qui précisent les ratios spatiaux et temporels à appliquer pour différentes configurations.

Les différentes zones correspondent à :

- Zone A : zone jour conformément au chapitre 8.2.4 de la présente méthode de calcul
- Zone B : zone nuit conformément au chapitre 8.2.4 de la présente méthode de calcul
- Zone C : zone correspondant à la partie au-delà de 100m² (non couverte par l'appareil indépendant de chauffage à bois)
- Zone D : zone spécifique correspondant à la salle de bains

16.2.3.5.1 Récapitulatif des ratios spatiaux et temporels à appliquer dans le cas où l'appareil indépendant de chauffage au bois est régulé

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur	Émetteur complémentaire au-delà de 100 m² (zone C)	Émetteur complémentaire en salle de bains (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Partie jour zone A (S_A)	Partie nuit zone B (S_B)	Partie nuit zone B (S_B)	Partie au-delà de 100m² zone C (S_C)	en SDB (S_D)
Ratio spatial de surface desservie Rat_s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat_t	1,0	0,5	Rat_Ech	1,0	1,0

Tableau 350 - Configuration avec conduit échangeur – Sans couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur (zone B)	Émetteur complémentaire de type kit BOOSTY sans lien avec l'émetteur principal (zone B)	Émetteur complémentaire au-delà de 100 m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en salle de bains (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Partie jour zone A (S _A)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie au-delà de 100m ² zone C (S _C)	en SDB (S _D)
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	1,0	0,5	Rat_Ech	0,5 – Rat_Ech	1,0	1,0

Tableau 351 - Configuration avec conduit échangeur – Sans couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur – Avec émetteur complémentaire centralisé de type kit BOOSTY pris en compte sans lien avec l'émetteur principal

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur (zones B et C)		Émetteur complémentaire en partie nuit et au-delà de 100 m² (zones B et C)		Émetteur complémentaire en salle de bains (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Partie jour zone A (S _A)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone C (S _C)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone C (S _C)	en SDB (S _D)
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	1,0	0,5	Rat_Ec _h	Rat_Ec _h	0,5 - Rat_Ech	1 - Rat_Ech	1,0

Tableau 352 - Configuration avec conduit échangeur – Avec couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

16.2.3.5.2 Récapitulatif des ratios spatiaux et temporels à appliquer dans le cas où l'appareil indépendant de chauffage au bois est non régulé

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Conduit échangeur en partie nuit (zone B)	Système principal de chauffage (zones A et B)		Émetteur complémentaire au-delà de 100m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en SDB (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surface S _B de la partie B	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surface S _C de la partie C	Surface S _D de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	0,5	0,25	Rat_Ech	0,5	0,75 – Rat_Ech	1,0	1,0

Tableau 353 - Configuration avec conduit échangeur – Sans couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Système principal de chauffage (zones A et B)		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur (zones B et C)		Émetteur complémentaire au-delà de 100m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en SDB (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surface S _B de la partie B	Surface S _C de la partie C	Surface S _C de la partie C	Surface S _D de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	0,5	0,25	0,5	0,75 – Rat_Ech	Rat_Ech	Rat_Ech	1,0 – Rat_Ech	1,0

Tableau 354 - Configuration avec conduit échangeur – Avec couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

16.3 C_GEN_PAC_Triple service air-eau/air T.One Aldes et Triple C Hitachi

16.3.1 INTRODUCTION

Les systèmes T.One AquaAir et Triple C d'HITACHI sont des systèmes de type pompes à chaleur qui permettent d'assurer les fonctions chauffage, production d'eau chaude sanitaire et refroidissement via le vecteur air (en option) de type air extérieur / air intérieur recyclé et air extérieur / eau.

Le système est composé d'une unité extérieure séparée (split) incluant un compresseur, un détendeur, un échangeur à air et un ventilateur. Il est muni :

- d'unités intérieures de chauffage / refroidissement incluant un échangeur à air et un ventilateur de recyclage ;
- d'un module de préparation ECS incluant un ballon de stockage, un condenseur dédié et une résistance électrique d'appoint ;
- d'une liaison frigorifique entre l'unité extérieure et les modules de chauffage/refroidissement et d'ECS ;
- d'une régulation électronique pilotant l'ensemble.

Le système puise les calories dans l'air extérieur (source amont), et son compresseur est à vitesse variable (technologie « INVERTER »).

16.3.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode est applicable au secteur résidentiel (maison individuelle et logement collectif), quelle que soit la zone climatique ou l'altitude. Le système ne peut être utilisé que pour un seul groupe.

16.3.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

Ces systèmes, qui faisaient l'objet d'un Titre V dans le cadre de l'application de la réglementation thermique 2012 sont maintenant pris en compte dans la méthode Th-BCE 2020.

Ils sont pris en compte selon la méthode décrite au chapitre 8.23 de la méthode Th-BCE (annexe III de l'arrêté du 04 août 2021).

Plus spécifiquement, il s'agit d'une prise en compte sous la forme d'un générateur thermodynamique à compression électrique triple service pour lequel le paramètre Sys_Thermo_ts prend la valeur :

$$\text{Sys\_thermo\_ts} = 5$$

$$(2570)$$

16.4 FA_PAC_hybrides electriques gaz

16.4.1 INTRODUCTION

Ce chapitre précise la saisie des systèmes de production de chauffage et d'ECS hybrides dans Th-B-C-E 2020 : générateur associant une Pompe à Chaleur (PAC) à compression électrique et une chaudière gaz.

Une PAC hybride est l'assemblage d'une PAC à compression électrique, d'une chaudière gaz à condensation, d'un dispositif de régulation permettant un fonctionnement optimisé des deux générateurs, et – dans le cas d'une production d'eau chaude sanitaire (ECS) accumulée – d'un ballon de stockage ECS. Ces générateurs sont mixtes au sens de Th-B-C-E, c'est-à-dire qu'ils fournissent tous les deux à la fois de la chaleur pour l'ECS et pour le chauffage. Certains modèles peuvent également faire du refroidissement.

16.4.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de cette méthode se limite aux maisons individuelles ou accolées soumises aux exigences de la RE2020. Elle s'applique aux générateurs hybrides réversibles ou non composés :

- d'une chaudière à condensation à combustible liquide ou gazeux d'une puissance nominale inférieure à 70 kW;
- d'une pompe à chaleur électrique air extérieur/eau d'une puissance nominale utile inférieure ou égale à 5 kW ; d'un système de régulation permettant une commutation entre les deux générateurs en fonction de leurs performances en énergie primaire.
- dans le cas où la pompe à chaleur participe à la production accumulée d'eau chaude sanitaire, d'un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire qui doit avoir un volume inférieur ou égale à 500 litres.

Ces générateurs hybrides sont associés à des radiateurs à eau et/ou à des planchers chauffants/rafraichissants sur vecteur eau et/ou des plafonds chauffants/rafraichissants sur vecteur eau et/ou des ventilo-convecteurs.

Le générateur hybride dispose d'un système permettant une commutation entre les deux générateurs en fonction de leurs performances en énergie primaire. La régulation en énergie primaire est définie comme un système assurant :

- La mise en marche/arrêt de la pompe à chaleur à compression électrique et/ou de la chaudière indépendamment ;
- La mesure ou l'estimation du coefficient de performance de la pompe à chaleur et du rendement de la chaudière ;
- Le fonctionnement du générateur le plus performant en énergie primaire sur un pas de temps horaire ou inférieur. La régulation n'empêche pas le fonctionnement simultané des générateurs si cela est nécessaire pour assurer le confort en chauffage ou en ECS.

Le champ d'application prend en compte la présence ou l'absence de système de dégivrage de l'échangeur sur l'air extérieur.

16.4.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

16.4.3.1 La modélisation du système

Les composants d'une PAC hybride sont déjà modélisés dans le moteur Th-B-C-E. Il existe trois configurations pour la production d'eau chaude sanitaire avec les générateurs hybrides :

1. La production instantanée : la chaudière assure de manière instantanée l'ensemble de la production d'eau chaude sanitaire. La demande d'eau chaude sanitaire est prioritaire sur les besoins de chauffage. Le fonctionnement est identique à celui d'une chaudière à condensation seule. Dans ce cas, la modélisation se fera conformément aux règles TH-B-C-E ;
2. La production accumulée par la chaudière seule : le fonctionnement est identique à celui d'une chaudière à condensation seule associée à un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire. La pompe à chaleur électrique n'intervient pas dans la production d'eau chaude sanitaire. Dans le moteur de calcul Th-B-C-E, cette PAC hybride est modélisée au sein d'un objet « génération », elle est constituée :
 - D'un générateur thermodynamique (objet « source_ballon_base_thermodynamique_elec » C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec) ;
 - D'une chaudière (objet « générateur à combustion, C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois).
3. La production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière : la pompe à chaleur assure un préchauffage de l'eau du ballon de stockage, le complément d'énergie pour arriver à la température de consigne est apporté par la chaudière. Dans le moteur de calcul Th-B-C-E, la PAC hybride est modélisée au sein d'un objet « génération », elle est constituée :
 - D'un ballon de stockage (objet « production_stockage », S2_GEN_Asemblage constitué d'un ou plusieurs ballons et d'un ou plusieurs générateurs) ;
 - D'un générateur thermodynamique (objet « source_ballon_base_thermodynamique_elec » C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec_DoubleService ;
 - D'une chaudière (objet « générateur à combustion, C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois).

16.4.3.2 La régulation du mode Chauffage

Ce paragraphe est utilisé pour les productions de type « Production instantanée », « Production accumulée par la chaudière seule » et « Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière ».

La régulation sur énergie primaire de l'usage chauffage est modélisée par l'utilisation des températures limites de fonctionnement de la pompe à chaleur (notamment la température minimale de la source amont $\theta_{min\_am\_Ch}$). En cas de dépassement des limites de fonctionnement, la méthode de calcul Th-B-C-E impose l'arrêt de la pompe à chaleur. Les besoins sont alors reportés sur la chaudière à condensation.

Les paramètres de modélisation de la pompe à chaleur à compression électrique prennent les valeurs suivantes :

- $\lim\_theta$ caractérise l'arrêt de la machine dû aux limites des températures des sources en ECS
Prend la valeur « 2 – Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source » ;

- θ_{Max_Av} est la température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS.
Prend la valeur « 100°C » ;
- θ_{Min_Am} est la température d'arrêt minimal amont correspondant aux caractéristiques du produit hybride obtenue selon les formules suivantes :
Si la PAC dégivre $\theta_{min\_am} = \text{MAX} (-5,75 * COP_{pivot} + 0,1 * \theta_{dep\_dim\_ch} + 17,75; -5)$

$$\text{Sinon } \theta_{min\_am} = \text{MAX} (-5,75 * COP_{pivot} + 0,1 * \theta_{dep\_dim\_ch} + 17,75; 3)$$

Avec : $\theta_{dep\_dim\_ch}$ = Température de départ de dimensionnement du chauffage

COP_{pivot} = Coefficient de Performance (COP) pivot de la PAC.

16.4.3.3 La régulation du mode ECS

Ce paragraphe est utilisé pour les productions de type « Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière ».

La régulation en énergie primaire des PAC hybrides en mode ECS sera modélisée par un paramétrage adapté des matrices de performances des PAC en mode ECS.

L'objectif est en effet :

1. D'accéder à l'intégralité (i.e. pour toutes les températures amont/aval) des points de fonctionnement des matrices de performance et des puissances absorbées de la PAC électrique pour l'ECS ;
2. À partir des valeurs pivots, de les remplir avec les Cnn par défaut de la méthode Th-B-C-E (chapitre 8.23.3.4.1 pour les PAC air/eau) ;
3. Puis d'annuler les puissances absorbées des points de la matrice pour lesquels le COP est inférieur à un COP de bascule.

La valeur de $COP_{bascule}$ est prise égale au ratio entre les facteurs d'énergie primaire de l'électricité et du gaz, soit 2,3 dans la méthode Th-B-C-E.

Les performances de la production d'ECS thermodynamique et le statut de ces données peuvent être caractérisées de la façon suivante :

- Selon la norme NF EN 16147 : août 2017 et en utilisant l'outil IdCET développé par le CSTB ;
- A partir du 1er octobre 2023 : selon la norme EN 13203-5 qui traite de l'ECS hybride et en utilisant l'outil IdPACHybride développé par le CSTB ;
- Dans une période transitoire, jusqu'au 1er octobre 2023, selon une approche « par composant » : prise en compte selon la norme EN 14511 d'un essai à [point pivot de la matrice de la méthode Th-B-C-E, en fonction de la source amont]/45 et d'un essai avec la même température amont et à la température aval la plus haute de la matrice, inférieure ou égale à la température limite de fonctionnement de la PAC. Le coefficient UAs est calculé en utilisant la norme NF EN 15332.

16.4.3.3.1 Etape 1 : accès à l'intégralité des deux matrices de fonctionnement de l'ECS ($\{P_{abs}(i,j)\}_{ECS}$ et $\{Performance(i,j)\}_{ECS}$)

Pour cela, le paramétrage de la PAC air/eau en mode ECS est le suivant :

		Valeur des paramètres pour la PAC hybride
M_θ_Aval_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : θ _{av,pivot} 2 : 2 premières valeurs de θ _{av,i} 3 : etc...	7 -> 45°C, 35°C, 25°C, 55°C, 15°C, 65°C, 5°C
M_θ_Amont_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : θ _{amont,pivot} 2 : 2 premières valeurs de θ _{amont,j} 3 : etc...	5 -> 7°C, 2°C, 20°C, -7°C, 35°C

16.4.3.3.2 Etape 2 : remplissage des deux matrices de fonctionnement de l'ECS ({Pabs(i,j)}_{ecs} et {Performance(i,j)}_{ecs})

Une fois tous les points de la matrice accessibles, on les remplit en utilisant la même méthode que Th-B-C-E.

Pour les valeurs pivot certifiées ou justifiées :

Pour $i \in M_{\theta\_Aval\_Ecs}$

Pour $j \in M_{\theta\_Amont\_Ecs}$

Calcul de {Performance(i,j)}_{ecs} conformément au chapitre 8.23.3.4.1 de Th-B-C-E

Calcul de {Pabs(i,j)}_{ecs} conformément au chapitre 8.23.3.4.1 de Th-B-C-E

Le statut certifié/justifié de la valeur pivot est conservé :

		Valeur des paramètres pour la PAC hybride
{COR(i,j)} _{ecs}	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Même valeur que pour le point pivot (i,j)} _{ecs}

Pour les valeurs pivot déclarées ou par défaut :

Dans le cas où les valeurs pivot ne sont pas issues d'essais, elles sont :

- déclarées : la valeur de COP_{pivot_déclaré} utilisée dans le calcul est égale à min(0.8 * Valeur déclarée ; Val_util_max) ;
- ou par défaut : la valeur de COP_{pivot_pardefaut} utilisée dans le calcul est égale à (0.8*Val_util_max).

Avec Val_util_max définie par type de machine dans Th-B-C-E 2020. Les puissances absorbées sont connues, a minima pour le point pivot. Le remplissage des matrices se fait conformément à la méthode Th-B-C-E.

Par ailleurs, le coefficient de pénalisation est déjà appliqué au COP_{pivot}. Pour ne pas être pénalisé une seconde fois la matrice de statut est la même que celle des performances certifiées à savoir {COR(i,j)}_{ecs}=1.

16.4.3.3.3 Etape 3 : mise à zéro des points de fonctionnement de la PAC

lorsque le COP est inférieur à un COP de bascule.

Enfin, on met à 0.001 les valeurs de puissance absorbée éliminées par une régulation en COP de bascule (la valeur est légèrement supérieure à 0 pour ne pas générer d'erreur du moteur de calcul).

Pour $i \in M_{\theta\_Aval\_Ecs}$

Pour $j \in M_{\theta\_Amont\_Ecs}$

Si $\{Performance(i,j)\}_{ecs} < COP_{bascule}$

$\{Pabs(i,j)\}_{ecs} = 0.001$

16.4.3.4 *Autres paramètres*

Les autres paramètres sont fournis par les industriels, ils sont spécifiques à la modélisation de chacun des produits.

16.4.4 EXEMPLE D'APPLICATION

Soit une PAC hybride de type « Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière ». Elle est modélisée par l'assemblage d'une PAC air/eau double service à compression électrique d'un ballon de stockage, et d'une chaudière gaz. Pour la partie thermodynamique électrique, le COP pivot ECS est de 3.0, la puissance absorbée pivot ECS est de 0.8 kW et les valeurs sont certifiées. Pour la partie générateur à combustion, le rendement nominal est de 98% pour une puissance de 24 kW.

16.4.4.1 *La modélisation dans Th-B-C-E*

Dans l'objet « génération » de Th-B-C-E, on retrouve une *Production_Stockage* contenant les deux générateurs : une *Source_ballon_base_thermodynamique_Elec_DoubleService* relié à une *Source_Amont* et une *Source_ballon_appoint_Combustion*.

16.4.4.2 Calculs préalables des paramètres liés à la régulation :

En utilisant les coefficients C_{nn} par défaut de la méthode Th-B-C-E 2020 (chapitre 8.23.3.4.1), les matrices ECS de COP et de puissance absorbée sont les suivantes :

Matrice de COP complète						Matrice de Pabs complète					
Tav/Tam	-7	2	7	20	35	Tav/Tam	-7	2	7	20	35
5	2,7	4,32	5,4	6,75	8,1	5	0,963	1,064	1,12	1,266	1,434
15	2,4	3,84	4,8	6	7,2	15	0,894	0,988	1,04	1,175	1,331
25	2,1	3,36	4,2	5,25	6,3	25	0,826	0,912	0,96	1,085	1,229
35	1,8	2,88	3,6	4,5	5,4	35	0,757	0,836	0,88	0,994	1,126
45	1,5	2,4	3	3,75	4,5	45	0,688	0,76	0,8	0,904	1,024
55	1,2	1,92	2,4	3	3,6	55	0,619	0,684	0,72	0,814	0,922
65	0,9	1,44	1,8	2,25	2,7	65	0,55	0,608	0,64	0,723	0,819

Tableau 355 : matrices de COP et de Pabs complétées selon la méthode Th-B-C-E

Pour modéliser la régulation en énergie primaire, la matrice de COP est inchangée. La matrice de Pabs est post-traitée, les points de fonctionnement avec des COP inférieurs au COP de bascule (i.e. 2.3) sont mis à une valeur proche de 0.

Matrice de COP complète						Matrice de Pabs complète adaptée					
Tav/Tam	-7	2	7	20	35	Tav/Tam	-7	2	7	20	35
5	2,7	4,32	5,4	6,75	8,1	5	0,963	1,064	1,12	1,266	1,434
15	2,4	3,84	4,8	6	7,2	15	0,894	0,988	1,04	1,175	1,331
25	2,1	3,36	4,2	5,25	6,3	25	0,001	0,912	0,96	1,085	1,229
35	1,8	2,88	3,6	4,5	5,4	35	0,001	0,836	0,88	0,994	1,126
45	1,5	2,4	3	3,75	4,5	45	0,001	0,76	0,8	0,904	1,024
55	1,2	1,92	2,4	3	3,6	55	0,001	0,001	0,72	0,814	0,922
65	0,9	1,44	1,8	2,25	2,7	65	0,001	0,001	0,001	0,001	0,819

Tableau 356 : matrices de COP et de Pabs complètes, reproduisant la régulation en énergie primaire

16.4.4.3 Le paramétrage de la PAC hybride (partie thermodynamique ECS) :

Dans l'objet « Source_ballon_base_thermodynamique_Elec_DoubleService », les paramètres de la PAC hybride à modifier sont les suivants :

		Valeur des paramètres pour la PAC hybride																																																															
M_θ_Aval_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : θav,pivot 2 : 2 premières valeurs de θav,i 3 : etc...	7 -> 45°C, 35°C, 25°C, 55°C, 15°C, 65°C, 5°C																																																															
M_θ_Amont_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : θamont,pivot 2 : 2 premières valeurs de θamont,j 3 : etc...	5 -> 7°C, 2°C, 20°C, -7°C, 35°C																																																															
{COR(i,j)}ecs	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Même valeur que pour le point pivot (i,j)}ecs																																																															
{Performance(i,j)}ecs	Matrice des coefficients COP selon les températures amont et aval en mode ECS (avant prétraitement)	<table><tr><th colspan="2"></th><th colspan="5">Matrice de COP</th></tr><tr><th>Tamont/Taval</th><th></th><th>-7</th><th>2</th><th>7</th><th>20</th><th>35</th></tr><tr><td>5</td><td></td><td>2,7</td><td>4,32</td><td>5,4</td><td>6,75</td><td>8,1</td></tr><tr><td>15</td><td></td><td>2,4</td><td>3,84</td><td>4,8</td><td>6</td><td>7,2</td></tr><tr><td>25</td><td></td><td>2,1</td><td>3,36</td><td>4,2</td><td>5,25</td><td>6,3</td></tr><tr><td>35</td><td></td><td>1,8</td><td>2,88</td><td>3,6</td><td>4,5</td><td>5,4</td></tr><tr><td>45</td><td></td><td>1,5</td><td>2,4</td><td>3</td><td>3,75</td><td>4,5</td></tr><tr><td>55</td><td></td><td>1,2</td><td>1,92</td><td>2,4</td><td>3</td><td>3,6</td></tr><tr><td>65</td><td></td><td>0,9</td><td>1,44</td><td>1,8</td><td>2,25</td><td>2,7</td></tr></table>			Matrice de COP					Tamont/Taval		-7	2	7	20	35	5		2,7	4,32	5,4	6,75	8,1	15		2,4	3,84	4,8	6	7,2	25		2,1	3,36	4,2	5,25	6,3	35		1,8	2,88	3,6	4,5	5,4	45		1,5	2,4	3	3,75	4,5	55		1,2	1,92	2,4	3	3,6	65		0,9	1,44	1,8	2,25	2,7
		Matrice de COP																																																															
Tamont/Taval		-7	2	7	20	35																																																											
5		2,7	4,32	5,4	6,75	8,1																																																											
15		2,4	3,84	4,8	6	7,2																																																											
25		2,1	3,36	4,2	5,25	6,3																																																											
35		1,8	2,88	3,6	4,5	5,4																																																											
45		1,5	2,4	3	3,75	4,5																																																											
55		1,2	1,92	2,4	3	3,6																																																											
65		0,9	1,44	1,8	2,25	2,7																																																											
{Pabs(i,j)}ecs	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode ECS	<table><tr><th colspan="2"></th><th colspan="5">Matrice de Pabs</th></tr><tr><th>Tamont/Taval</th><th></th><th>-7</th><th>2</th><th>7</th><th>20</th><th>35</th></tr><tr><td>5</td><td></td><td>0,963</td><td>1,064</td><td>1,12</td><td>1,266</td><td>1,434</td></tr><tr><td>15</td><td></td><td>0,894</td><td>0,988</td><td>1,04</td><td>1,175</td><td>1,331</td></tr><tr><td>25</td><td></td><td>0,001</td><td>0,912</td><td>0,96</td><td>1,085</td><td>1,229</td></tr><tr><td>35</td><td></td><td>0,001</td><td>0,836</td><td>0,88</td><td>0,994</td><td>1,126</td></tr><tr><td>45</td><td></td><td>0,001</td><td>0,76</td><td>0,8</td><td>0,904</td><td>1,024</td></tr><tr><td>55</td><td></td><td>0,001</td><td>0,001</td><td>0,72</td><td>0,814</td><td>0,922</td></tr><tr><td>65</td><td></td><td>0,001</td><td>0,001</td><td>0,001</td><td>0,001</td><td>0,819</td></tr></table>			Matrice de Pabs					Tamont/Taval		-7	2	7	20	35	5		0,963	1,064	1,12	1,266	1,434	15		0,894	0,988	1,04	1,175	1,331	25		0,001	0,912	0,96	1,085	1,229	35		0,001	0,836	0,88	0,994	1,126	45		0,001	0,76	0,8	0,904	1,024	55		0,001	0,001	0,72	0,814	0,922	65		0,001	0,001	0,001	0,001	0,819
		Matrice de Pabs																																																															
Tamont/Taval		-7	2	7	20	35																																																											
5		0,963	1,064	1,12	1,266	1,434																																																											
15		0,894	0,988	1,04	1,175	1,331																																																											
25		0,001	0,912	0,96	1,085	1,229																																																											
35		0,001	0,836	0,88	0,994	1,126																																																											
45		0,001	0,76	0,8	0,904	1,024																																																											
55		0,001	0,001	0,72	0,814	0,922																																																											
65		0,001	0,001	0,001	0,001	0,819																																																											

16.5 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec_PAC_CO2

16.5.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente la modélisation des pompes à chaleur air extérieur/eau à compression électrique utilisant le CO₂ (R744) comme fluide frigorigène. Le système est désigné par le terme « PAC CO₂ ».

Le système assure uniquement la production d'Eau Chaude Sanitaire.

Le système se compose d'au moins une pompe à chaleur associée à un élément de stockage dont le volume total est supérieur ou égal à 400L. Dans le cas où plusieurs pompes à chaleur identiques sont installées, celles-ci sont raccordées en parallèle.

Toutes les données de performance saisies doivent être établies pour une température d'eau chaude sanitaire en sortie du système supérieure ou égale à 55°C.

Un assemblage technologique et une gestion de son fonctionnement, permettant de garantir en entrée de l'échangeur du système une eau à la température du réseau de ville, doit être mis en œuvre.

La PAC ayant recours au CO₂ repose sur un cycle transcritique du fluide frigorigène et permet de travailler avec de grandes différences de température au niveau du refroidisseur de gaz tout en assurant de bonnes performances énergétiques :

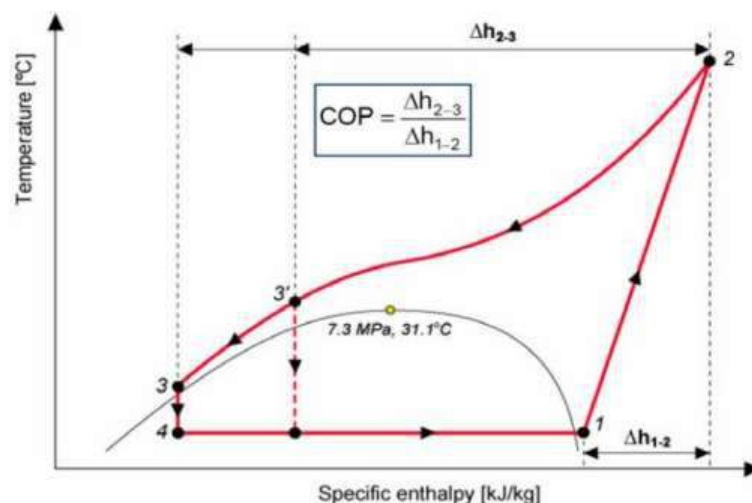


Figure 3.1 Principle illustration of the transcritical CO₂ heat pump cycle in T-h diagram. 1-2: Compression, 2-3: Heat rejection in a gas cooler, 3-4: Expansion/throttling, 4-1: Evaporation.

Figure 216 : Cycle transcritique du CO₂ (source : IEA HPP Annex 32 Workshop, Kyoto, Dec 2007)

Le CO₂ possède une température critique extrêmement basse (31,1 °C) et une pression critique élevée (73 bars) par rapport aux autres fluides frigorigènes obligeant ainsi à l'utiliser en cycle transcritique, donc à des températures et des pressions bien supérieures à la normale de l'ordre de 80 à 120 bars en haute pression et de 20 à 30 bars en basse pression.

Le CO₂ est donc en phase gazeuse supercritique (point 2) lorsqu'il entre dans le refroidisseur de gaz (correspondant au condenseur dans un cycle « conventionnel »). Le refroidissement est assuré jusqu'au point 3 avant l'entrée dans le détendeur. Ce refroidissement permet de travailler avec une grande différence de température sur le fluide caloporteur, contrairement à un fluide frigorigène dans un cycle à température de condensation constante.

Le reste du cycle transcritique est identique à celui d'un cycle subcritique conventionnel :

- Détente : point 3 à 4
- Évaporation : point 4 à 1
- Compression : point 1 à 2

Cette particularité est donc utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire à des températures au-delà de 55°C à partir d'eau froide à 10°C environ.

La garantie d'une eau à la température du réseau de ville en entrée du refroidisseur de gaz peut être assurée par différentes solutions. Pour exemple, une réserve d'eau froide dans la partie basse de l'élément de stockage peut être maintenue en permanence grâce à une sonde de température qui coupe le fonctionnement du système lorsque la température mesurée atteint la consigne de chauffe.

16.5.2 CHAMP D'APPLICATION

Le Titre V s'applique à tout type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020.

Le système doit être dimensionné de manière à couvrir l'ensemble des besoins d'ECS, sans nécessité d'un recours à un appoint.

Dans le cas où une résistance électrique est installée au niveau du ou des ballons de stockage, celle-ci ne fonctionne qu'en « secours » et est commandée par le système qui assure son enclenchement uniquement en cas de mise en défaut du fonctionnement thermodynamique.

16.5.3 NOMENCLATURE

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de la PAC CO₂. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant				
		Nom	Description	Unité
		$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h
S. Amont		$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C
		$\theta_{eau}(h)$	Température d'alimentation en eau froide	°C
Génération		$Q_{req,ecs}(h)$	Demande en énergie pour calculé au niveau de la génération.	W
		$R_{puis\_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
		$i_{ECS\_seule}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool
		$P_{fou\_source\_amont\_maxi}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc}) et des caractéristiques de l'air extrait	W
Paramètres intrinsèques du composant				

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>ECS seule (en base de production-stockage)</i>	-			
Sys_thermo_Ecs	Technologie en mode ECS <i>1 : PAC air extérieur / eau</i>	Ent	1	6	1
M_θ_Aval_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : <i>1 : θ_{av,pivot}</i> <i>2 : 2 premières valeurs de θ_{av,i}</i> <i>3 : etc...</i>	Ent	1	7	Selon type de générateur thermodynamique
M_θ_Amont_Ecs	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : <i>1 : θ_{amont,pivot}</i> <i>2 : 2 premières valeurs de θ_{amont,j}</i> <i>3 : etc...</i>	Ent	1	7	
Statut_données_PC_ECS	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS : <i>1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées</i> <i>2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en mode ECS					
{COR(i,j)} _{ecs}	Matrice des statuts de données en mode ECS : <i>1 : valeurs certifiées</i> <i>2 : valeurs justifiées.</i>	{Ent}	1	2	
{Performance(i,j)} _{ecs}	Matrice des coefficients COP selon les températures amont et aval en mode ECS (avant prétraitement)	{-}	0	+¥	
{P _{abs} (i,j)} _{ecs}	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode ECS	{kW}	0	+¥	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en mode ECS					
Statut_val_pivot_ecs	Statut de la valeur COP _{pivot_ecs} : <i>1 : valeurs déclarées</i> <i>2 : valeur par défaut</i>	Ent	1	2	-
Val_COP_ecs	Valeur de COP pivot déclarée en mode ECS (avant prétraitement)	-	0	+¥	-
Val_Pabs_ecs	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode ECS	kW	0	+¥	-
Limites de fonctionnement de la machine selon le mode					
Lim_θ_ecs	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré : <i>0 = pas de limite</i>	Ent	0	0	0

$\theta_{\max\_av\_ecs}$	Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode ECS	°C	-50	10 0	100
$\theta_{\min\_am\_ecs}$	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode ECS	°C	-50	10 0	-
Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule)					
Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
Statut_fonct_continu	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Ccp _{LRcontin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contin}	Réel	0	2	
LR _{contin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D _{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D _{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	
Puissance d'auxiliaires de la machine					
Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
Prétraitement: composition des matrices de performance					
{Cnn _{av_Pabs} (θ_i , θ_k)} _{ecs}	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température aval θ_i en fonction de Pabs à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
{Cnn _{am_Pabs} (θ_i , θ_n)} _{ecs}	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_j en fonction de Pabs à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			

Voir selon technologie

$\{Cnn_{lav\_COP}(\theta_i, \theta_k)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP à la température aval θ_i en fonction du COP à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP à la température amont θ_j en fonction du COP à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur	Wh			
$Q_{rest,ecs}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh			
$\{Q_{cef\_ecs(id\_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs. L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.	Wh			
$\eta_{eff,ecs}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$T_{charge,ecs}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$\Phi_{rejet,ecs}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh			
$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur, tous modes confondus	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur en énergie finale, tous modes confondus	Wh			
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh			
$COP_{pc}(h)$	COP utile à pleine charge pour le mode considéré (communiqués à C_Gen_Source_Amont).	Wh			
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel			

Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité</i> : 50	Ent	10	69	50
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : <i>eau</i>	Ent	1	3	1
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : 2 : <i>air</i>	Ent	1	3	2
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS seule	Ent	1	6	3

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{ecs}$	Liste des températures aval principales de la générateur en fonction du mode.	°C
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{ecs}$	Liste des températures amont principales de la en fonction du mode.	°C
N_{av_ecs}	Nombre de températures aval principales	Ent 1
N_{am_ecs}	Nombre de températures amont principales pour chaque mode	Ent 1
$\{COP_{util}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}
$LR(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-
$LR_{cycl}(h)$	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
$COP_{LR}(h)$	COP utile et à charge réelle pour le mode considéré	-
$COP_{pc\_net}(h)$	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu	-
$COP_{LRcontminnet}(h)$	et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-
$P_{fou\_pc}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu	W
$P_{fou\_LRcontmint}(h)$	et à charge réelle	
$P_{fou\_LR}(h)$		
$P_{abs\_pc}(h)$	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
$P_{abs\_LR}(h)$		
$P_{comp\_PC}(h)$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu	W
$P_{comp\_LRcontmint}(h)$	et à charge réelle.	
$P_{comp\_LR}(h)$		

$P_{fou\_pc\_brut}(h)$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W
$P_{compma\_LR}(h)$	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
$W_{aux,0}(h)$	Puissance effective absorbée par les auxiliaires à charge nulle	W
$Ccp_{LRcontmin\_net}(h)$	Correction du COP « <i>net</i> » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-
$Q_{reqact}(h)$	Energie requise ramenée une machine parmis les $Rdim$ identiques	W
$Q_{restact}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Con v.
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP propre à chaque technologie et à chaque mode <i>Tableau 357 : Nomenclature du modèle</i>	2,2	

16.5.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.5.4.1 Pré-traitement

16.5.4.1.1 Calcul de la température du fluide aval

La température du fluide aval est égale à la température de l'eau froide en entrée de l'échangeur de la PAC.

$$\theta_{aval}(h) = T_{eau}(h) \quad (2571)$$

16.5.4.2 Module pompe à chaleur CO2

16.5.4.2.1 Généralités de prise en compte des performances dans un mode donné

La modélisation des systèmes reprend celle associée au générateur thermodynamique Air extérieur/Eau pour l'ECS, seule la création de matrice de performance, de puissance absorbée et de coefficient de correction est modifiée par rapport au chapitre 8.23.3.4.1 de la méthode Th-BCE 2020.

La procédure de création des matrices de performance est détaillée dans les chapitres suivants.

16.5.4.2.2 Création des matrices de performance à pleine charge

16.5.4.2.3 Initialisation

IdFluide_aval = 1 : eau;
IdFluide_amont = 2 : air;
Val_Util_Max = 2,2

16.5.4.2.4 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur/ eau pour le générateur PAC CO2 est la suivante :

		Matrice des puissances absorbées				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C})$	-7	2	7	20	25
	2					
	10					
	15			Pivot		
	20					
	26					

Figure 217 : Matrice de performance des PAC CO2

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour $\theta_{\text{amont}} = 7$; $\theta_{\text{aval}} = 15$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$ et $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$	Températures amont : $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$
1 : 15°C	1 : 7 °C
2 : 15°C et 10°C	2 : 7 °C, 20 °C
3 : 15°C, 10°C, 20°C	3 : 7 °C, 20 °C, -7°C
4 : 15°C, 10°C, 20°C, 2°C	4 : 7°C, 20 °C, -7 °C, 2°C
5 : 15°C, 10°C, 20°C, 2°C, 26°C	5 : 7,20 °C, -7 °C, 2 °C, 35°C

Tableau 358 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC

16.5.4.2.4.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite dans la méthode RE2020 Th-BCE, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (3,3).

16.5.4.2.5 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$C_{nav\_COP}(-7, 7) = 0,5$	$C_{nam\_COP}(15, 2) = 1,26$
$C_{nav\_COP}(2, 7) = 0,8$	$C_{nam\_COP}(15,10) = 1,1$

$Cnnav\_COP(20, 7) = 1.25$ $Cnnav\_COP(35, 7) = 1.5$	$Cnnav\_COP(15, 20) = 0.9$ $Cnnav\_COP(15, 26) = 0.78$

Tableau 359 : coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définies à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(1, 3)\} = \{COP\_util(3,3)\} \times Cnnav\_COP(-7, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(2,3)\} = \{COP\_util(3,3)\} \times Cnnav\_COP(2, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(4,3)\} = \{COP\_util(3,3)\} \times Cnnav\_COP(20, 7) \\
 &\text{si } \{COP\_util(5,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(5,3)\} = \{COP\_util(4,3)\} \times Cnnav\_COP(35,20)
 \end{aligned}
 \tag{2572}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

- Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnav\_COP(2, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnav\_COP(10, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnav\_COP(20, 15) \\
 &\text{si } \{COP\_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,3)\} \times Cnnav\_COP(26, 15)
 \end{aligned}
 \tag{2573}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(-7, 7) = 0.86$ $Cnnav\_COP(2, 7) = 0.95$ $Cnnav\_COP(20, 7) = 1.13$ $Cnnav\_COP(35, 7) = 1.28$	$Cnnav\_COP(15, 2) = 1.13$ $Cnnav\_COP(15, 10) = 1.05$ $Cnnav\_COP(15, 20) = 0.95$ $Cnnav\_COP(15, 26) = 0.89$

Tableau 360 : coefficients Cnn pour Pabs

16.5.4.2.6 Puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle

Cas d'un générateur thermodynamique mono-service :

La puissance des auxiliaires à charge nulle, $W_{aux,0}$, est une constante au cours du calcul. Elle peut être exprimée en fonction de la puissance absorbée à pleine charge au point pivot $\{Pabs(ipivot, jpivot)\}$ du mode du générateur :

$$W_{aux,0} = Taux \times \{Pabs(ipivot, jpivot)\} \quad (2574)$$

Le paramètre Taux, est le ratio de la puissance d'auxiliaire à charge nulle sur la puissance absorbée à pleine charge au point pivot. Selon la valeur de Statut_taux, la procédure d'obtention du Taux est la suivante :

- Statut_taux = 0 : Valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,

La valeur de Taux saisie n'est pas corrigée.

- Statut_taux = 1 : Valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

La valeur de Taux saisie est multipliée par 1,1.

- Statut_taux = 2 : autres cas, valeur par défaut .

Taux prend la valeur suivante :

En mode ECS :

$$Taux = 0,02 \quad (2575)$$

16.5.4.2.7 Calcul des données de sortie à l'issue du traitement d'un mode

A l'issue du calcul de chaque mode, avant de passer au mode suivant, on calcule les données de sortie spécifiques à ce mode.

$$Q_{cons}(h) = P_{abs\_LR}(h) \times Rdim \quad (2576)$$

$$Q_{cef}(3;50) = Q_{cons} \quad (2577)$$

$$\eta_{eff,ecs}(h) = COP_{LR}(h) \quad (2578)$$

$$Q_{fou-ecs}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (2579)$$

$$Q_{rest-ecs}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (2580)$$

$$T_{charge-ecs}(h) = LR(h) \quad (2581)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en ECS :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} - P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (2582)$$

16.6_Gen_Thermodynamique_Elec_DoubleService_Air_Extrait_Eau_NIBE

16.6.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme traite la modélisation des pompes à chaleur air extrait/ eau de Nibe Energy Systems. Ces systèmes ont les fonctions suivantes :

- Ventilation
- Chauffage
- Production d'Eau Chaude Sanitaire

Au sein d'une maison individuelle, la pompe à chaleur est reliée à une VMC Simple Flux afin de récupérer les calories de l'air qu'elle extrait. Cet air est conduit jusqu'au circuit réfrigérant de la pompe à chaleur, comme indiqué sur le schéma suivant.



Figure 218: Schéma général de l'installation de la pompe à chaleur en maison individuelle

Ces modèles de pompes à chaleur sur air extrait ont la particularité de fonctionner à partir d'un mélange d'air extrait et d'air extérieur. En effet, de l'air extérieur est introduit afin d'augmenter les débits d'air entrant dans la pompe à chaleur et ainsi d'améliorer les performances.

16.6.2 DOMAINE D'APPLICATION

Ce système concerne les locaux à usage d'habitation dont la SREF (surface habitable) est inférieure ou égale à 200 m². Pour les locaux à usage d'habitation dont la SREF est supérieure à 200 m², le système peut être utilisé avec un appoint : chaudière, réseau de chaleur ou effet joule (source ballon appoint).

16.6.3 NOMENCLATURE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité

θ_{amont}	Température de la source amont (type air)	°C
$\theta_{\text{aval\_ch}}$ $\theta_{\text{aval\_ecs}}$	Température de la source aval (type eau) pour chaque poste	°C
$Q_{\text{req\_ch}}$ $Q_{\text{req\_ecs}}$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	2
$R_{\text{puis\_dispo}}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$\text{id}_{\text{fonction}}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : <i>chauffage</i> 3 : <i>ECS</i>	Ent

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Cat	Catégorie de générateur : 503: <i>générateur thermodynamique à compression électrique</i>	Ent			503
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricite</i> : 4	Ent	1	5	4
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>Double-service (en base de production-stockage)</i>	-			
$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage</i> : 1 <i>ECS</i> : 3 <i>Chauffage et ECS</i> : 4	Ent	1	4	
Part_air_extrait	Part de l'air extrait dans le mélange air extrait/air extérieur	%	0	100	
$\text{Id}_{\text{fluide\_aval}}$	Nature du fluide aval : 2 : <i>eau</i>	Ent	1	2	
$\text{Id}_{\text{fluide\_amont}}$	Nature de la source amont : 2 : <i>air</i>	Ent	1	3	
Id_Source_Amont	Identifiant de la source amont	Ent	1	+∞	
Syst_thermo_Ch	Technologie du générateur en chauffage : 10: <i>PAC air extrait/eau</i>	Ent	10	10	
Syst_thermo_Ecs	Technologie du générateur en chauffage : 2: <i>PAC air extrait/eau</i>	Ent	2	2	
$M_{\theta\_Aval\_Ch}$ $M_{\theta\_Aval\_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{\text{av,pivot}}$ 2 : 2 <i>premières valeurs de $\theta_{\text{av},i}$</i> 3 : <i>etc...</i>	Ent	1	5	
$M_{\theta\_Amont\_Ch}$ $M_{\theta\_Amont\_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{\text{amont,pivot}}$	Ent	1	1	

Statut_données_PC_ch	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS :				
Statut_données_PC_ECS	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	2	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage					
{COP(i,j)}_ch	Matrice des performances en mode chauffage (COP)	{-}	0	+∞	
{P_abs(i,j)}_ch	Matrice des puissances absorbées en électricité selon les températures amont et aval en mode chauffage	{kW}	0	+∞	
{COR(i,j)}_ch	Matrice des statuts de données en mode chauffage : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage					
StatutCOP_pivot_ch	Statut des valeurs pivots : 1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut	Ent	0	2	-
COP_pivot_ch	Valeur du COP pivot en chauffage	-	0	+∞	-
P_abs_pivot_ch	Valeur pivot de puissance absorbée en chauffage	kW	0	+∞	-
Saisie des performances certifiées ou justifiées en ECS					
{COP(i,j)}_ecs	Matrice des performances en mode ECS (COP)	{-}	0	+∞	
{P_abs(i,j)}_ecs	Matrice des puissances absorbées en électricité selon les températures amont et aval en mode ECS	{kW}	0	+∞	
{COR(i,j)}_ecs	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en ECS					
StatutCOP_pivot_ecs	Statut des valeurs pivots : 1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut	Ent	0	2	-
COP_pivot_ecs	Valeur du COP pivot en ECS	-	0	+∞	-
P_abs_pivot_ecs	Valeur pivot de puissance absorbée en ECS	kW	0	+∞	-
Limites de fonctionnement de la machine selon le mode					
Lim_θ_ch	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré :				
Lim_θ_ecs	0 = pas de limite 1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	Ent	0	2	-
θmax_av_ch	Température maximale aval au delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	-50	10	-
θmax_av_ecs	en mode chauffage ou ECS		0		

$\theta_{min\_am\_ch}$ $\theta_{min\_am\_ecs}$	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode chauffage ou ECS	°C	-50	10	-
Fonctionnement à charge partielle en chauffage					
Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 1 : déclarée 2 : par défaut	Ent	0	2	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du moteur : 1 : Fonctionnement continu 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	1
Statut_Fonctionnement_Ch	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D _{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
Dfou0	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	
Puissance d'auxiliaires de la machine					
Statut_Taux_Ch	3 : par défaut 2 : déclaré 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Taux_Ch	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
Préprocesseur : composition des matrices de performance					
{Cnn _{av_Pabs} (θ_i , θ_j)}	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{aval} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{aval} = \theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			
{Cnn _{am_Pabs} (θ_i , θ_j)}	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{am} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{am} = \theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			
{Cnn _{av_COP} (θ_i , θ_j)}	Coefficient de passage entre de COP ($\theta_{aval} = \theta_j$) à COP($\theta_{aval} = \theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			
{Cnn _{am_COP} (θ_i , θ_j)}	Coefficient de passage de COP($\theta_{am} = \theta_j$) à COP($\theta_{am} = \theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Voir selon technologie

Idpriorite_Ch	Indice de priorité en chauffage	Ent	1	$+\infty$
Idpriorite_Ecs	Indice de priorité en ECS	Ent	1	$+\infty$
Typo_Emetteur_Ch	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage, en refroidissement et pour la production d'ECS : 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère: systèmes à air	entier	3	4
Rdim	Nombre de machines identiques.	entier	1	-

Sorties				
Nom	Description	Unité		
$Q_{fou,ch}(h)$ $Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh		
$Q_{rest,ch}(h)$ $Q_{rest,ecs}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh		
$Q_{cef,ch}(h)$ $Q_{cef,ecs}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur.	Wh		
$\eta_{eff,ch}(h)$ $\eta_{eff,ecs}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel		
$T_{charge,ch}(h)$ $T_{charge,ecs}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel		
$\Phi_{rejet,ch}(h)$ $\Phi_{rejet,ecs}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh		
Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh		
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh		
Q_{rest}	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh		
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh		
$COP_{pc}(h)$ $EER_{pc}(h)$	COP (ou EER) utile à pleine charge pour le mode considéré (communiqués à C_Gen_Source_Amont).	Wh		
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel		
Idengen	Identificateur de l'énergie principale :	Ent	1	5 4

	Electricité : 4				
Id _{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	1	1
Id _{fluide_amont}	Nature de la source amont : 2 : air	Ent	2	2	2
Id _{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 1 : Chauffage seul 3 : ECS seule 4 : Chauffage et ECS	Ent	1	4	
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
{Val $\theta_{av}(i)$ } _{ch} {Val $\theta_{av}(i)$ } _{ecs}	Liste des températures aval principales de la générateur en fonction du mode.	°C			
{Val $\theta_{am}(j)$ } _{ch} {Val $\theta_{am}(j)$ } _{ecs}	Liste des températures amont principales de la en fonction du mode.	°C			
N _{av_ch} N _{av_ecs}	Nombre de températures aval principales	Ent	1	5	
N _{am_ch} N _{am_ecs}	Nombre de températures amont principales pour chaque mode	Ent	1	1	
{COP _{util(i,j)} } _{ch} {COP _{util(i,j)} } _{ecs}	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}			
LR(h)	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-			
LR _{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à LR _{contmin} , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-			
COP _{_pc} COP _{_LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-			
COP _{_pc_net} COP _{_LRcontminnet} COP _{_LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-			
P _{fou_pc} P _{fou_LRcontmint} P _{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W			
P _{abs_pc} P _{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W			
P _{comp_PC} P _{comp_LRcontmint} P _{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W			
P _{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W			

$C_{cpLRcontmin\_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-	-	-	-
P_{comp}	puissance appelée par le compresseur	W	-	-	-
P_{cons}	puissance appelée par la machine	W	-	$+\infty$	-
P_{compma}	puissance appelée à cause des irréversibilités	W	-	$+\infty$	-
$cycl$	en indice signifie en fonctionnement discontinu (marche arrêt)				
Q_{reqact}	Energie requise pour une machine	W	0	$+\infty$	-
$Q_{restact}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh	0	$+\infty$	-
D_{fou0}	durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	minutes	-	-	-
P_{aux}	Puissance appelée par les auxiliaires	W	-	$+\infty$	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Con v.
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	$J.K^{-1}.kg$	1006
$COP_{utilmax}$	Valeurs utiles maximales de COP propre à chaque technologie et à chaque mode	-	Voir selon technologie
$P_{abspivot}$	Valeurs pivots de P_{abs} propre à chaque technologie et à chaque mode	kW	Voir selon technologie

Tableau 361 : Nomenclature du modèle

16.6.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes pour le chauffage et pour l'ECS :

- 1) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources,
- 2) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

16.6.4.1 Traitements des paramètres

La première étape consiste, en amont du calcul annuel, à composer les matrices de performances de COP et P_{abs} en fonction des températures de sources à partir des statuts des différences données utilisées.

La détermination du point pivot au débit d'air du projet, lorsque celui-ci n'est pas issu d'un essai, se fait par régression linéaire. A l'instar des Chauffe-Eau Thermodynamiques sur air extrait, si aucun essai de point pivot n'existe pour le débit d'air du projet, le point pivot à renseigner sera déduit par interpolation des points pivots à deux débits d'air encadrant le débit d'air du projet (cf. Fiche d'application : Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique, p.5/15) : « Pour les chauffe-eau thermodynamiques sur air extrait, les essais sont réalisés a minima à deux débits correspondant aux débits minimal et maximal de l'appareil. D'autres essais peuvent être réalisés à des débits intermédiaires. Les résultats

obtenus par IdCET (UAS, COPpivot et Pabspivot) pour les deux essais aux débits encadrant le débit moyen réel du cas modélisé sont interpolés linéairement en fonction du débit d'air extrait pour obtenir les valeurs de UAS, COPpivot et Pabspivot correspondant au débit moyen réel du cas modélisé. »

16.6.4.1.1 Statuts de données des performances à pleine charge

La ou les puissances absorbées à pleine charge ont toujours le statut de valeur déclarée ; aucune correction liée au statut de données n'est appliquée à ce niveau. A minima, une valeur de puissance absorbée doit être saisie pour chaque valeur de COP saisies.

Pour les coefficients de performances (COP) saisis par l'utilisateur, les différents statuts de données associées sont les suivants :

Les différents statuts de donnée suivants sont possibles pour la valeur pivot :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes définies dans le Tableau 230.

Aucune correction du ou des COP saisis n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes définies dans le Tableau 230.

Une réduction de 10% du ou des COP saisis est appliquée.

- **déclarée** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% du COP pivot saisi est appliquée. La valeur pivot est de plus plafonnée à une valeur utile maximale, définie selon la technologie.

- **par défaut** : aucune information disponible.

La valeur pivot est imposée. Elle est prise, égale à la valeur utile maximale de la technologie réduite de 20%.

Les essais fournis par NIBE ont été effectués dans leurs laboratoires, la valeur des performances de leurs systèmes est donc déclarée. Les performances de leur système sont néanmoins en cours de certification dans un laboratoire accrédité SWEDAC.

Il en est de même pour les autres valeurs de la matrice de performance.

Les données certifiées et les données justifiées sont fournies par l'utilisateur selon une règle de priorité définie par type de machine. La fourniture des valeurs mesurées devant en outre respecter l'ensemble des configurations amont/aval. Par exemple, dans le cas des machines air extrait / eau (configuration air extrait seul) en mode chauffage, si l'on retient $\Theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$

et 42,5°C et $\theta_{\text{amont}} = 15^\circ\text{C}$ et 20°C , les COP mesurés doivent être fournis pour les 6 couples $\theta_{\text{aval}} - \theta_{\text{amont}}$.

Remarque importante : Dans le cas de cette machine, nous pouvons uniquement saisir les COP (et Pabs liés à la température d'air extrait (amont) de 20°C , toutes les autres valeurs de COP et Pabs liées aux autres températures amont sont déterminées.

L'entrée des données des matrices et la correction des données sont les suivantes :

- Statut_données_PC = 1 : *il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées*

Il est possible de saisir dans la matrice des données certifiées et/ou des données justifiées lorsqu'elles sont disponibles, entrée d'un paramètre qui indique, pour chaque valeur entrée précédemment, si c'est une valeur certifiée, une valeur justifiée. Ce paramètre est rangé dans une matrice semblable à la matrice des données, $\{\text{COR}(i,j)\}$ qui contient la valeur 1 chaque fois que la performances correspondante dans la matrice de performance est une valeur certifiée, 2 pour une valeur justifiée. La correction est faite automatiquement.

Les autres cases de la matrice de performances seront complétées par des valeurs par défaut, l'utilisateur n'ayant pas la possibilité de rentrer une valeur déclarée pour une performance autre que la valeur pivot.

- Statut_données_PC = 2 : *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

La valeur pivot peut être saisie uniquement si $\text{StatutCOP}_{\text{pivot}} = 1$ (valeur déclarée). Sinon ($\text{StatutCOP}_{\text{pivot}} = 2$), la valeur par défaut est utilisée. c'est une valeur par défaut qui n'est pas entrée.

Concernant la puissance absorbée, notée Pabs, cette dernière comprend la puissance du ou des compresseur(s), celle des auxiliaires internes de la machine et tout ou partie de la puissance des axillaires affectés au déplacement des médiums en contact externe avec l'évaporateur et le condenseur, selon le type de machine.

A l'instar des COP/EER, les puissances absorbées en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP. Dans l'exemple, la valeur $7^\circ\text{C}/32,5^\circ\text{C}$ est donc obligatoirement fournie.

- Statut_données_PC = 1 : *il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées*

Les valeurs prises en compte sont les valeurs résultant des essais, sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

- Statut_données_PC = 2 : *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

On entre seulement la valeur Pivot sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

On calcule les puissances absorbées par défaut sur la base d'une variation de 1% par degré de variation de température amont ou aval (la puissance du compresseur diminuant avec l'écart $\theta_{\text{aval}} - \theta_{\text{amont}}$), en respectant les mêmes règles que pour le COP.

La procédure de création des matrices de performance est détaillée dans les chapitres suivants pour chaque mode (chauffage, ECS, refroidissement).

16.6.4.2 *Lien avec la source amont*

La PAC NIBE air extrait-air extérieur/eau peut se connecter :

- Soit à la source amont air extrait quand seul l'air extrait est utilisé ($id_{\text{amont-air-type}}^{\text{gnr}}=3$)
- Soit à la source mélange air extrait/air extérieur, quand un débit d'air extérieur est ajouté à l'air extrait ($id_{\text{amont-air-type}}^{\text{gnr}}=4$), cf chapitre 16.7 C_Gen_Source_Amont NIBE

16.6.4.3 *Performances à pleine charge en chauffage*

On décrit les matrices de performance pour chaque paramètre à pleine charge suivant :

- COP, coefficient de performance,
- P_{abs} , puissance absorbée en énergie électrique,
- Statut_données_PC_ch, statut de données des COP renseignés (1 : Valeurs certifiées ou mesurées, 2 : Pas de valeurs certifiées ou mesurées)
- StatutCOP_ch, statut de données des COP renseignés si Statut_données_PC_ch = 2 (1 : valeur déclarée ou 2 : valeur par défaut),

Dans chaque colonne (correspondant aux températures θ_{amont}) où au moins une valeur de COP est renseignée, les valeurs de COP doivent être renseignées aux mêmes températures θ_{aval} .

Pour une température θ_{amont} fixée, une valeur de COP à une température θ_{aval} ne peut être renseignée que si la valeur de COP pour la température θ_{aval} de priorité inférieure est également renseignée.

De même, pour une température θ_{aval} fixée, une valeur de COP à une température θ_{amont} ne peut être renseignée que si la valeur de COP pour la température θ_{amont} de priorité inférieure est également renseignée.

A chaque case de la matrice de COP saisie doit correspondre une case de la matrice de P_{abs} saisie.

Note : les températures aval sont assimilées à des températures moyennes départ/retour d'eau. Les températures amont sont les températures de bain dans lequel les couronnes de captage sont immergées au cours des essais de performance. La caractérisation des performances ne peut se faire qu'en suivant les ordres de priorités définis ci-dessus.

StatutCOP	Correction
Certifié(s)	$COP_{\text{util}}(i;j) = COP(i;j)$
Justifié(s)	$COP_{\text{util}}(i;j) = 0,9 \times COP(i;j)$
Déclaré (pivot seulement)	$COP_{\text{pivot\_util}} = \text{MIN} [0,8 \times COP_{\text{pivot}}, COP_{\text{utilmax}}(\text{ch})]$
Par défaut (pivot seulement)	$COP_{\text{pivot\_util}} = 0,8 \times COP_{\text{utilmax}}(\text{ch})$

Tableau 362: Statuts COP et correction

Concernant les statuts « Déclaré » et « Par défaut », seule la valeur pivot peut être saisie.

16.6.4.3.1 COP et Pabs pivots

16.6.4.3.1.1 Mélange air extrait – air extérieur

Afin de prendre en compte la possibilité de rajouter un débit d'air extérieur à l'air extrait, permettant d'augmenter les performances de la PAC, une matrice hybride air extrait-air extérieur/eau est créée dans le moteur de calcul.

Cette matrice n'est utilisée que pour des températures extérieures comprises entre -5 et 10°C. Pour des températures extérieures inférieures à -5°C ou supérieures à 10°C, la matrice air extrait est utilisée.

Cette matrice est utilisée lorsque $-5^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext}} < 10^{\circ}\text{C}$.

Le point pivot de cette matrice se situe aux points : $\theta_{\text{amont}} = 15^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$.

		0	5	10	15	20	25
T_{aval} (eau) en °C	Priorité	6	3	2	1	4	5
23,5	4						
32,5	1						
42,5	2						
51	3						
60	5						

Tableau 363 : Matrice de performance des générateurs thermodynamiques électriques air extrait – air extérieur/eau, mode chauffage, pleine charge, pour T_{ext} comprises entre -5°C et 10°C

Les valeurs utiles maximales de cette matrice sont les suivantes :

- $\text{COP}_{\text{utilmax}}(\text{ch}) = 2,8$ ($\theta_{\text{am}} = 15^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$).
- $\text{Pabs}_{\text{pivot}}(\text{ch}) = 1,3$ ($\theta_{\text{am}} = 15^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$)

16.6.4.3.1.2 Air extrait seul

Cette matrice peut être utilisée soit en mode air extrait seul, soit dans le cas d'un mélange d'air, lorsque les températures extérieures sont inférieures à -5°C ou supérieures à 10°C.

Le point pivot de cette matrice est celui de la PAC air extrait, à savoir pour les températures $\theta_{\text{amont}} = 20^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$.

Cette matrice est utilisée lorsque $\theta_{\text{ext}} < -5^{\circ}\text{C}$ et lorsque $\theta_{\text{ext}} > 10^{\circ}\text{C}$.

		5	10	15	20	25
T_{aval} (eau) en °C	Priorité	6	4	2	1	3
23,5	4					
32,5	1					

42,5	2					
51	3					
60	5					

Tableau 364 : Matrice de performance des générateurs thermodynamiques électriques air extrait/eau, mode chauffage, pleine charge

Les valeurs utiles maximales de cette matrice sont les suivantes :

- $COP_{utilmax}(ch) = 3,1$ ($\theta_{am} = 20^{\circ}C$; $\theta_{av} = 32,5^{\circ}C$).

- $Pabs_{pivot}(ch) = 0,9$ ($\theta_{am} = 20^{\circ}C$; $\theta_{av} = 32,5^{\circ}C$).

En mode air extrait, si aucun essai de point pivot n'existe pour le débit d'air extrait du projet, déduire le point pivot par interpolation linéaire.

16.6.4.3.2 Détermination des autres COP et Pabs de la matrice

16.6.4.3.2.1 Mélange air extrait – air extérieur

Les valeurs de la matrice en dehors du point pivot sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

- Pour la matrice air extrait-air extérieur/eau, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessous :

Températures aval : eau	Températures amont : mélange air extérieur, air extrait
32.5°C	15 °C
32.5°C et 42.5°C	15°C, 10°C
32.5°C, 42.5°C, 51°C	15°C, 10°C, 5°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C
	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 0°C

Tableau 365 : températures aux sources pour la matrice air extérieur – air extrait /eau

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de COP ou Pabs est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValCOP(4,1)\} = 0$

$\{ValCOP(4,1)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnav\_COP(23.5, 32.5)$

si $\{ValCOP(4,3)\} = 0$

$\{ValCOP(4,3)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnav\_COP(42.5, 32.5)$

si $\{ValCOP(4,4)\} = 0$

$\{ValCOP(4,4)\} = \{ValCOP(4,3)\} * Cnav\_COP(51, 42.5)$

si $\{ValCOP(4,5)\} = 0$

$\{ValCOP(4,5)\} = \{ValCOP(4,4)\} * Cnav\_COP(60, 51)$

Les coefficients $Cnn_{av}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnn_{av\_COP}(42.5, 32.5) = 0,8$ $Cnn_{av\_COP}(51, 42.5) = 0,8$ $Cnn_{av\_COP}(23.5, 32.5) = 1,1$ $Cnn_{av\_COP}(60, 51) = 0,8$	$Cnn_{av\_Pabs}(42.5, 32.5) = 0,9$ $Cnn_{av\_Pabs}(51, 42.5) = 0,915$ $Cnn_{av\_Pabs}(23.5, 32.5) = 1,09$ $Cnn_{av\_Pabs}(60, 51) = 0,91$

Tableau 366: valeurs de Cnn_{av} en chauffage pour $\theta_{amont} = 20^\circ C$, mélange air extrait-air extérieur/eau

Pour le remplissage des lignes, la démarche est la suivante :

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{ValCOP(1, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(1, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnn_{am\_COP}(0, 15)$$

si $\{ValCOP(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(2, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnn_{am\_COP}(5, 15)$$

si $\{ValCOP(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(3, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnn_{am\_COP}(10, 15)$$

si $\{ValCOP(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(5, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnn_{am\_COP}(20, 15)$$

si $\{ValCOP(6, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(6, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnn_{am\_COP}(25, 15)$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnn_{am\_COP}(0, 15) = 0,90$ $Cnn_{am\_COP}(5, 15) = 0,93$ $Cnn_{am\_COP}(10, 15) = 0,97$ $Cnn_{am\_COP}(20, 15) = 1,03$ $Cnn_{am\_COP}(25, 15) = 1,06$	$Cnn_{am\_Pabs}(0, 15) = 0,30$ $Cnn_{am\_Pabs}(5, 15) = 0,53$ $Cnn_{am\_Pabs}(10, 15) = 0,77$ $Cnn_{am\_Pabs}(20, 15) = 1,22$ $Cnn_{am\_Pabs}(25, 15) = 1,44$

Tableau 367: valeurs de Cnn_{am} en chauffage $\theta_{aval} = 32,5^\circ C$, mélange air extrait-air extérieur/eau

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients Cnn_{am_Pabs} et Cnn_{av_Pabs} .

16.6.4.3.2.2 Air extrait seul

Pour la matrice air extrait/eau, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : eau
32.5°C
32.5°C et 42.5°C
32.5°C, 42.5°C, 51°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C

Températures amont : air extrait
20 °C
20 °C, 15 °C
20 °C, 15 °C, 25 °C
20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C,
20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 5°C

Tableau 368 : températures aux sources

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de COP ou P_{abs} est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValCOP(4,1)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,1)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnnav\_COP(23.5, 32.5)$$

si $\{ValCOP(4,3)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,3)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnnav\_COP(42.5, 32.5)$$

si $\{ValCOP(4,4)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,4)\} = \{ValCOP(4,3)\} * Cnnav\_COP(51, 42.5)$$

si $\{ValCOP(4,5)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,5)\} = \{ValCOP(4,4)\} * Cnnav\_COP(60, 51)$$

Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav\_COP(42.5, 32.5) = 0,8$ $Cnnav\_COP(51, 42.5) = 0,8$ $Cnnav\_COP(23.5, 32.5) = 1,1$ $Cnnav\_COP(60, 51) = 0,8$	$Cnnav\_Pabs(42.5, 32.5) = 0,9$ $Cnnav\_Pabs(51, 42.5) = 0,915$ $Cnnav\_Pabs(23.5, 32.5) = 1,09$ $Cnnav\_Pabs(60, 51) = 0,91$

Tableau 369: valeurs de Cnnav en chauffage pour $\theta_{amont} = 20^\circ C$ en air extrait

Pour le remplissage des lignes, la démarche est la suivante :

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N\theta_{aval}$,

si $\{ValCOP(1,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(1,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav\_COP(5, 20)$$

si $\{ValCOP(2,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(2,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav\_COP(10, 20)$$

si $\{ValCOP(3,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(3,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav\_COP(15, 20)$$

si $\{ValCOP(5,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(5,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav\_COP(25, 20)$$

Il en est de même pour les coefficients de puissance absorbée $Cnnav\_Pabs$.

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cnnam_COP(5, 20)= 0,8 Cnnam_COP(10,20)= 0,84 Cnnam_COP(15, 20)= 0,86 Cnnam_COP(25, 20)= 1	Cnnam_Pabs(15, 20)= 0,89 Cnnam_Pabs(10, 20) = 0,78 Cnnam_Pabs(5, 20) = 0,67 Cnnam_Pabs(25, 20) = 1,11

Tableau 370: valeurs de Cnnam en chauffage $\theta_{aval} = 32,5^{\circ}\text{C}$ en air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients Cnnam_Pabs et Cnnam_Pabs.

16.6.4.4 Algorithme horaire de prise en compte du double service

Le fonctionnement en mode ECS est prioritaire sur le fonctionnement en mode chauffage. Tant que le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas couvert entièrement, le générateur ne fournit pas d'énergie en chauffage.

Au pas de temps où le besoin en chauffage est nul, notamment hors saison de chauffage, le basculement en mode chauffage n'a pas lieu. Le comportement de la machine est alors modélisé uniquement par l'algorithme en mode ECS.

La méthode Th-BCE (« 8.17 C_Gen_Gestion/régulation de la génération ») prévoit un double appel séquentiel des PAC Double Service : on décrit dans un premier temps complètement le fonctionnement en ECS du générateur, puis son fonctionnement en chauffage lors d'un second appel.

Pour ce qui est des algorithmes de description des performances de la machine, il suffit de distinguer deux sous-algorithmes :

- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est à rapprocher de celui du chapitre « 8.23.3.4 Création des matrices de performance à plein charge en mode production ECS ». Etant donnée la machine fonctionne à pleine charge pour répondre au besoin ECS, la modélisation ne fait pas intervenir le paragraphe sur le fonctionnement à charge partielle ou nulle de la méthode Th-BCE.
- **Sous-algorithme du mode chauffage** : le processus est à rapprocher de celui des chapitres « 8.23.3.3 Création des matrices de performance à plein charge en mode chauffage » et « 8.23.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle » du chapitre « 8.23 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE. Dans la mesure où le fonctionnement en chauffage peut intervenir après un fonctionnement en production ECS, on introduit à la manière des chaudières double service un coefficient R_{puis_dispo} . Il permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS.

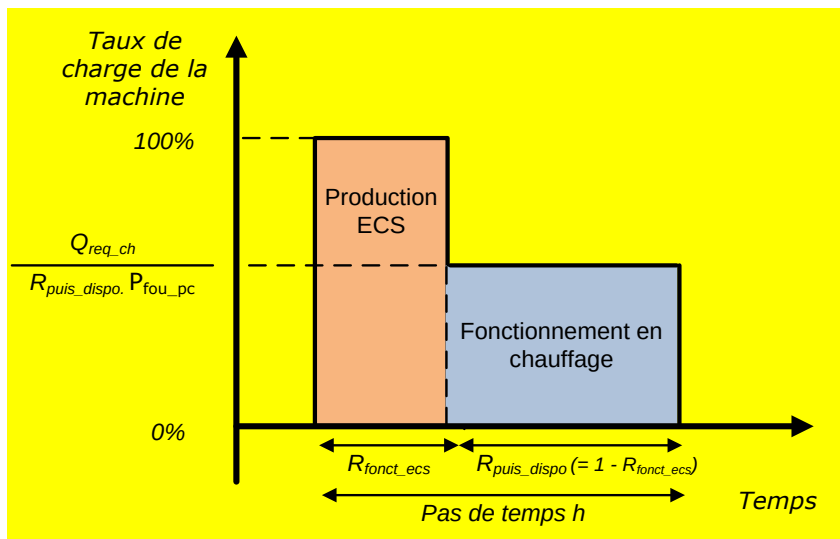


Figure 219: sous-décomposition d'un pas de temps en double service

16.6.4.5 Performances à pleine charge en ECS

Se référer au code du paragraphe 8.23.3.4.2 PAC air extrait / eau en mode ECS de la méthode Th-BCE.

16.6.4.5.1 COP et Pabs pivots

Comme pour l'usage du chauffage, en ECS il y a possibilité d'utiliser soit l'air extrait comme source amont soit un mélange air extrait-air extérieur.

16.6.4.5.1.1 Mélange air extrait – air extérieur

La matrice de performances en mélange air extrait-air extérieur/eau est la suivante :

		Tamont (air extrait - air extérieur)						
		Tam > 0	5	10	15	20	25	30
Taval	priorité	7	4	2	1	3	5	6
5	7							
15	5							
25	3							
35	2							
45	1							
55	4							
65	6							

Tableau 371 : Matrice de performance des machines air extrait - extérieur / eau en ECS

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 15 ; Tav = 45 ;

Pour les PAC F730 et F750 de NIBE, les valeurs pivots sont les suivantes :

- **COP_{utilmax}(ECS) = 2,46.**

- **Pabs_{pivot}(ECS) = 0,6.**

16.6.4.5.1.2 Air extrait seul

La matrice de performances de la PAC air extrait / eau pour l'ECS est la suivante :

		Tamont (air extrait)					
	Tam >	5	10	15	20	25	30
Taval	priorité	6	4	2	1	3	5
5	7						
15	5						
25	3						
35	2						
45	1						
55	4						
65	6						

Tableau 372 : Matrice de performance des systèmes thermodynamiques air extrait / eau en ECS

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{am} = 20$; $\theta_{av} = 45$

Pour les PAC F730 et F750 de NIBE, les valeurs pivots sont les suivantes :

- $COP_{utilmax}(ECS) = 2,64$.

- $Pabs_{pivot}(ECS) = 0,73$.

Le point pivot est obtenu à partir de l'outil IDCET, qui permet de passer des essais de la norme 16147 aux données d'entrée de la RT2012.

16.6.4.5.2 Détermination des autres COP et Pabs de la matrice

16.6.4.5.2.1 Mélange air extrait – air extérieur

Pour la matrice air extrait-air extérieur/eau :

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes. Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	15 °C
45°C, 35 °C,	15°C, 10°C
45°C, 35 °C, 25 °C,	15°C, 10°C, 5°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,	15°C, 10°C, 5°C, 20°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C,	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C,
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C	30°C
	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C,
	30°C, 0°C

Tableau 373 : températures aux sources

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée

si {ValECS(4,1)} = 0
 {ValECS(4,1)} = {ValECS(4,5)} * Cnnav_cop(5, 45)
 si {ValECS(4,2)} = 0
 {ValECS(4,2)} = {ValECS(4,5)} * Cnnav_cop(15, 45)
 si {ValECS(4,3)} = 0
 {ValECS(4,3)} = {ValECS(4,5)} * Cnnav_cop(25, 45)
 si {ValECS(4,4)} = 0
 {ValECS(4,4)} = {ValECS(4,5)} * Cnnav_cop(35, 45)
 si {ValECS(4,6)} = 0
 {ValECS(4,6)} = {ValECS(4,5)} * Cnnav_cop(55, 45)
 si {ValECS(4,7)} = 0
 {ValECS(4,7)} = {ValECS(4,5)} * Cnnav_cop(65, 45)

Les coefficients Cnnav(Y,X) utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cnnav_cop(35,45) = 1.2	Cnnav_Pabs(35,45) = 1.1
	Cnnav_cop(25,45) = 1.4	Cnnav_Pabs(25,45) = 1.2
	Cnnav_cop(55,45) = 0.8	Cnnav_Pabs(55,45) = 0.9
	Cnnav_cop(15,45) = 1.6	Cnnav_Pabs(15,45) = 1.3
	Cnnav_cop(65,45) = 0.6	Cnnav_Pabs(65,45) = 0.8
	Cnnav_cop(5,45) = 1.8	Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40

Tableau 374 : coefficients de correction en fonction des températures aval, mélange air extrait air extérieur/eau

2. Les lignes sont complétées

Pour l'ign allant de 1 à $N_{\text{éaval}}$,
 si {ValECS(1,lign)} = 0
 {ValECS(1,lign)} = {ValECS(4,lign)} * Cnnam_cop(0, 15)
 si {ValECS(2,lign)} = 0
 {ValECS(2,lign)} = {ValECS(4,lign)} * Cnnam_cop(5, 15)
 si {ValECS(3,lign)} = 0
 {ValECS(3,lign)} = {ValECS(4,lign)} * Cnnam_cop(10, 15)
 si {ValECS(5,lign)} = 0
 {ValECS(5,lign)} = {ValECS(4,lign)} * Cnnam_cop(20, 15)
 si {ValECS(6,lign)} = 0
 {ValECS(6,lign)} = {ValECS(4,lign)} * Cnnam_cop(25, 15)
 si {ValECS(7,lign)} = 0

$$\{ValECS(7, l_{lign})\} = \{ValECS(4, l_{lign})\} * Cn_{nam\_COP}(30, 15)$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cn_{nam\_COP}(0, 15) = 0,9$ $Cn_{nam\_COP}(5, 15) = 0,93$ $Cn_{nam\_COP}(10, 15) = 0,97$ $Cn_{nam\_COP}(20, 15) = 1,03$ $Cn_{nam\_COP}(25, 15) = 1,06$ $Cn_{nam\_COP}(30, 15) = 1,09$	$Cn_{nam\_Pabs}(0, 15) = 0,3$ $Cn_{nam\_Pabs}(5, 15) = 0,53$ $Cn_{nam\_Pabs}(10, 15) = 0,77$ $Cn_{nam\_Pabs}(20, 15) = 1,22$ $Cn_{nam\_Pabs}(25, 15) = 1,44$ $Cn_{nam\_Pabs}(30, 15) = 1,66$

Tableau 375: valeurs de Cnnam en ECS pour $\theta_{aval} = 45^{\circ}C$, air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients Cn_{nam_Pabs} et Cn_{nav_Pabs} .

16.6.4.5.2.2 Air extrait seul

Pour la **matrice air extrait/eau**, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	20 °C
45°C, 35 °C,	20 °C, 15 °C
45°C, 35 °C, 25 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C, 5
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65, 5 °C	°C

Tableau 376 : températures aux sources

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée
- 2.

si $\{ValECS(4,1)\} = 0$
 $\{ValECS(4,1)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav\_COP}(5, 45)$
 si $\{ValECS(4,2)\} = 0$
 $\{ValECS(4,2)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav\_COP}(15, 45)$
 si $\{ValECS(4,3)\} = 0$
 $\{ValECS(4,3)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav\_COP}(25, 45)$
 si $\{ValECS(4,4)\} = 0$
 $\{ValECS(4,4)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav\_COP}(35, 45)$
 si $\{ValECS(4,6)\} = 0$
 $\{ValECS(4,6)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav\_COP}(55, 45)$
 si $\{ValECS(4,7)\} = 0$
 $\{ValECS(4,7)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav\_COP}(65, 45)$

Les coefficients $Cn_{nav}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs

16.6.4.6.1 Fonctionnement en mode continu du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable (Fonc_compr = 1) :

$$P_{fou_{LR}} \geq (P_{fou_{pc}} \cdot LR_{contmin})$$

Avec :

$$LR = P_{fou_{LR}} / P_{fou_{pc}}$$

$$P_{fou_{LR}} = \min \{Q_{req_{act}} ; P_{fou_{pc}}\}$$

Sur la plage de fonctionnement continu du compresseur à puissance réduite, on a :

$$P_{abs} = P_{comp} + P_{aux}$$

Il convient de noter que P_{compma} est par nature nul ici.

Le COP et le EER, calculés sur la consommation du compresseur seul (hors auxiliaires), varient linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement continu.

En revanche, on caractérise les performances, le taux minimal de charge en fonctionnement continu, $LR_{contmin}$, et le coefficient de correction de la performance correspondant, $Ccp_{LRcontmin}$, pour l'ensemble moteur et auxiliaires. $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$ peuvent être obtenu par des essais.

En effet, du fait du mode de test on ne peut pas distinguer P_{comp} et P_{aux} .

Nota : de ce fait, P_{abs} ne varie pas linéairement avec LR .

On est donc amené à déterminer un COP_{net} ou un EER_{net} et un Ccp_{net} , c'est-à-dire hors auxiliaires. Alors Ccp_{net} varie linéairement sur la plage $LR_{contmin}$; 1.

On présente la formulation en mode chauffage.

$$COP_{pc_{net}} = \frac{P_{fou_{pc}}}{P_{comp_{pc}}} = \frac{COP_{pc} \cdot P_{fou_{pc}}}{P_{fou_{pc}} - COP_{pc} \cdot P_{aux}} \quad (2583)$$

$$CCP_{LRcontmin_{net}} = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp_{pc}} \cdot CCP_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs_{pc}} - CCP_{LRcontmin} \cdot P_{aux}} \quad (2584)$$

$$P_{comp_{pc}} = P_{abs_{pc}} - P_{aux}$$

Envoyer un message d'alerte lorsque :

$$LR_{contmin} \cdot P_{abs_{pc}} < CCP_{LRcontmin} \cdot P_{aux}$$

« les données de la machine thermodynamique entrées ne permettent pas un calcul correct et ne permettent pas de juger de la conformité réglementaire du projet. »

Pour un taux de charge situé entre $LR_{contmin}$ et 1:

$$COP_{LR_{net}} = COP_{pc_{net}} \cdot \left(1 + [CCP_{LRcontmin_{net}} - 1] \cdot \frac{1 - LR_{\blacksquare}}{1 - LR_{contmin}} \right) \quad (2585)$$

$$P_{comp_{LR}} = \frac{P_{fou_{LR}}}{COP_{LR_{net}}} \quad (2586)$$

$$P_{abs\_LR} = P_{comp\_LR} + P_{aux} \quad (2587)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou\_LR}}{P_{abs\_LR}} \quad (2588)$$

16.6.4.6.2 Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement :

- avec les machines à régulation de compresseur tout ou rien (Fonc_compr = 2) (LRcontmin = 1),
- avec les machines à régulation de puissance variable (Fonc_compr = 1), lorsque :

$$P_{fou\_LR} < (P_{fou\_pc} * LR_{contmin})$$

Avec :

$$LR_{cycl} = P_{fou\_LR} / (P_{fou\_pc} * LR_{contmin})$$

$$P_{fou\_LR} = \min \{ Q_{req\_act} ; P_{fou\_pc} \}$$

Et

$$Q_{Req\_act} = \frac{Q_{Req(h)}}{Rdim}$$

Le compresseur fonctionne en cycle marche arrêt.

En valeur moyenne sur une heure le fonctionnement est le suivant :

1. la puissance du compresseur, Pcomp, varie linéairement entre 0 pour LR= 0 et $P_{comp\_LRcontmin}$ pour LR = LRcontmin,

$$P_{comp\_LR} = P_{comp\_LRcontmin} \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR}{LR_{contmin}} \right)$$

avec :

$$P_{comp\_LRcontmin} = \frac{P_{fou\_LRcontmin}}{COP_{LRcontmin\_net}}$$

(2589)

2. la puissance liée aux irréversibilités, Pcompma, est nulle à charge nulle et à charge LRcontmin.

- 3.

A l'intérieur de cette plage, sa valeur est égale à :

$$P_{compma\_LR} = P_{comp\_LRcontmin} \cdot \frac{Deq \cdot (LR_{cycl}) \cdot (1 - LR_{cycl})}{Dfou0} \quad (2590)$$

Deq est la durée équivalente liée aux irréversibilités, c'est une caractéristique de la machine. Deq peut être recalé sur des résultats d'essais à charge partielle en fonctionnement tout ou rien. Par défaut Deq = 0.5 minute

Dfou0 est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond simplement au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Le tableau ci-dessous en donne les valeurs.

Inertie	Légère	Très légère

Typologie	ventilo convecteurs; valeur par défaut pour la distribution à eau; plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible	systèmes à air;
Dfou0 en min.	6	2
Typo_emetteur	3	4

Tableau 379 : Valeurs conventionnelle de Dfou0 en minutes pour différents systèmes d'émission

On peut donc calculer la puissance pour chaque taux de charge :

$$P_{abs\_LR} = P_{comp\_LR} + P_{compma-LR} \quad (2591)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou\_LR}}{P_{abs\_LR}} \quad (2592)$$

Ainsi que le COP ou l'EER correspondant.

Remarque : dans le cas général, ni Pabs, ni COP (ni EER) ne sont linéaires. Si Pcompma est négligeable, les pertes sont fonction linéaire de LR (et pas le COP).

16.6.4.6.3 Valeurs déclarées et par défaut

Type de fonctionnement :

- 1) Valeur déclarée, à renseigner par l'utilisateur

Le fonctionnement est un fonctionnement en mode continu du compresseur.

Les valeurs peuvent être :

Statut_Fonctionnement_Ch :

- 0) Valeur certifiée

- 1) Valeur justifiée (*0.9)

- 2) Valeur déclarée (*0.8)

- 3) Valeur par défaut

Valeur par défaut définies ci-après :

- LRcontmin de calcul = 0.4
- CcpLRcontmin de calcul = 1
- Part de la puissance électrique des auxiliaires :

Paux/Pabs_nom de calcul = 0.02

Deq de calcul = 0.5 mn

Pour Statut_Fonctionnement_Ch = 0), 1) ou 2), on a :

- CCPcontmin mesuré A renseigner
- LRcontmin mesuré A renseigner

Avec :

- LRcontmin de calcul = LRcontmin mesuré + 0.05

○ $C_{pLRcontmin}$ de calcul = 0.9 $C_{pLRcontmin}$ mesuré

○ Taux = P_{aux}/P_{abs_nom} A renseigner

Avec : Statut_Taux_Ch :

0) Valeur certifiée

1) Valeur justifiée (*0.9)

2) Valeur déclarée (*0.8)

3) Valeur par défaut (0.02)

16.6.4.6.4 Calcul des données de sortie à l'issue du traitement des deux modes (chauffage et ECS)

A l'issue du calcul de chaque mode, avant de passer au mode suivant, on calcule les données de sortie spécifiques à ce mode. Le calcul est décrit pour le mode chauffage, mais il est identique pour le mode ECS :

$$Q_{cef-ch(id\_engen)}(h) = P_{abs\_LR}(h) \times Rdim \quad (2593)$$

$$\eta_{eff,ch}(h) = COP_{LR}(h) \quad (2594)$$

$$Q_{fou-ch}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (2595)$$

$$Q_{rest-ch}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (2596)$$

$$\tau_{charge-ch}(h) = LR(h) \quad (2597)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en chauffage et ECS, et positivement en froid. Aussi le calcul diffère selon le mode :

Mode chauffage :

$$\varphi_{rejet,ch}(h) = MIN(0; P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} - P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (2598)$$

Mode ECS :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} - P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (2599)$$

16.6.4.6.5 Calcul final des données de sortie pour le générateur

A l'issue du calcul de l'ensemble des modes, les données de sortie globale du générateur sont calculées :

Quantité d'énergie fournie par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou-ch}(h) + Q_{fou-ecs}(h) \quad (2600)$$

Quantité d'énergie consommée par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{cons}(h) = \sum_{id\_engen} \left(Q_{cefcch(id-engen)}(h) + Q_{cefc,ecs(id-engen)}(h) \right) \quad (2601)$$

$$W_{aux,pro}(h) = W_{aux-0} \times Rdim \quad (2602)$$

Quantité d'énergie rejetée à la source amont :

La quantité d'énergie rejetée, $\psi_{rejet}(h)$ totale est la somme des quantités d'énergie rejetées dans les différents modes :

$$\varphi_{rejet}(h) = \varphi_{rejet,ch}(h) + \varphi_{rejet,ecs}(h) \quad (Wh) \quad (2603)$$

Seuls les rejets en mode chauffage et ECS s'additionnent.

16.7 C_Gen_Source_Amont_NIBE

16.7.1 INTRODUCTION

Cette fiche décrit les auxiliaires amont des machines thermodynamiques dont la source intègre un mélange d'air extérieur et d'air extrait.

Selon la nature des machines thermodynamiques, les normes de détermination des performances intègrent tout ou partie seulement des auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement des machines, voire aucun pour les matériels gaz.

La puissance des systèmes de contrôle commande est prise en compte lors de la mesure des performances. Pour les pompes et les ventilateurs :

- **Machines air / air**

- comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
- comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.

- **Machines air / eau**

- comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
- comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.
- comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.

Remarque :

Coté utilisation, deux cas se présentent :

- la détermination des COP_{nom} intègre la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires du coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la part nécessaire à la circulation du fluide dans le réseau de distribution.
- la détermination des COP_{nom} n'intègre pas la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la puissance totale nécessaire à la fois à la circulation du fluide dans le réseau de distribution et à vaincre les pertes de charge des échangeurs.

16.7.2 NOMENCLATURE

Le

Entrées du composant

Nom

Description

Unité

	<i>idMois(j)</i>	Numéro du mois de l'année.	Entier			
Générateurs	<i>τchargegnr(h)</i>	Taux de charge de la machine frigorifique au pas de temps <i>h</i> .	Réel			
	<i>Φrejetgnr(h-1)</i>	Puissance rejetée au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W			

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Générateur	<i>idfougen</i>	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3				
	<i>idtypegnr</i>	Type du générateur associé à la source amont.	Ent	1	1000	-
	<i>Pngengnr</i>	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur <i>gnr</i>	W	0	+∞	-

Type de sources amont

		Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Sol	Ent	1	3	-
	<i>idfluide-amont</i>					

Source amont de type sol

	<i>idmois_mini_sol</i>	N° du mois durant lequel la température d'interface entre le sol et les tubes de fluide frigorigène est la plus faible.	Entier	1	12	-
	<i>θmin_sol</i>	Température minimale annuelle de l'interface entre le sol et les tubes de fluide frigorigène.	°C	-∞	+∞	-
	<i>θmax_sol</i>	Température maximale annuelle de l'interface entre le sol et les tubes de fluide frigorigène.	°C	-∞	+∞	-
	<i>Rb</i>	Résistance thermique équivalente entre le fluide amont et l'évaporateur/le condenseur.	K.m/W	0	+∞	-
	<i>L</i>	Longueur du conduit de captage	m	0	+∞	-

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	<i>Φrejet(h-1)</i>	Puissance rejetée totale par les générateurs connectés au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage :	W

	valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	
$\theta b(j)$	Température de l'interface avec le sol naturel le jour j .	°C
φ	Déphasage de la fonction de détermination de la température de captage.	rad
$\theta f(h)$	Température moyenne du fluide en sortie des sondes au pas de temps actuel.	°C
$\theta_{amont}(h)$	Température amont des générateurs	°C
$W_{aux,am}$	Consommation électrique des auxiliaires amont	Wh

Sorties

Nom	Description	Unité
$\theta_{amontgnr}(h)$	Température amont du générateur gnr , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C
$W_{aux,amgnr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires amont d'un générateur gnr .	Wh

Tableau 244 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur.	°C	-50	50	-
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique de l'air extérieur	Kg/kg as	0	+∞	-
	$id_{Mois}(j)$	Numéro du mois de l'année.	Entier	1	12	-
ET.	$\theta_{et}(h)$	Température de l'espace tampon associé à la source amont.	°C	-50	50	-
Ventil.	$T_{air\_extrait}^S(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction du système de ventilation simple flux par extraction ou double flux.	°C	-∞	+∞	-
Générateurs	$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge de la machine frigorifique au pas de temps h .	Réel	0	1	-
	$\Phi_{rejet}^{gnr}(h-1)$	Puissance rejetée au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W			-
	$\rho_{i,g,prev}$	Masse volumique de l'air extrait du groupe g au pas de temps $h-1$	kg/m ³			-
	$Qm_{air\_extrait}$	Débit d'air rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s			-
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
Générateur associé	P_{ngen}^{gnr}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur gnr	W	0	+∞	-
	id_{type}^{gnr}	Type du générateur associé à la source amont.	Ent	1	1000	-
	$id_{fluide-amont}$	Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Autre fluide.	Ent	1	3	-
	$id_{amont-air-type}$	Type de source amont air du générateur : 1 : Air extérieur, 3 : Air extrait. 4 : Mélange air extrait/air extérieur	Ent	1	3	-
	P_{vent_gaine}	Machines sur air : partie de la puissance des ventilateurs correspondant aux pertes de charge des conduits dans le cas de machines sur air gainées, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.	°C	0	+∞	-
	$Id\_SF\_Extraction$	Lien vers la VMC Simple Flux Extraction dans l'interface logicielle.				-
	Qm_{total}^s	Débit total en amont de la PAC en mélange air extrait/air extérieur				-
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut

T_{charge}	Taux de charge des machines frigorifiques	Réel	0	1	-
$\theta_{amont}(h)$	Température amont des générateurs	°C	-50	10 0	0
$\Phi_{rejet}(h-1)$	Puissance rejetée totale par les générateurs connectés au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W	$-\infty$	$+\infty$	-
$W_{aux,am}$	Consommations électrique des auxiliaires amonts	Wh	0	$+\infty$	-
$Rat_{Phirejet}^{gnr}$	Ratio des puissances rejetées	-	0	1	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C	-50	10 0	0
$W_{aux,am}^{gnr}$	Consommations électriques des auxiliaires amont d'un générateur <i>gnr</i> .	Wh	0	$+\infty$	-
T_{depart_amont}	Température du fluide (eau, eau glycolée) au départ de la machine vers la source amont	°C	0	$+\infty$	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Valeur
C_v	Chaleur massique de la vapeur d'eau	J/kgK	-	-	1830
C_{pe}	Chaleur massique de l'eau	J/kgK	-	-	4180
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³	-	-	1000
C_a	Chaleur massique de l'air	J/kgK	-	-	1006
H_{fg}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau	J/kgK	-	-	$25 \cdot 10^5$

Tableau 380 : Nomenclature du modèle

16.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.7.3.1 Calculs des ratios

16.7.3.1.1 Calcul des ratios de puissance nominale (une fois par simulation)

En début de simulation, on calcul les ratios de puissances nominales :

$$\forall gnr \quad Rat_{P_{ngen}}^{gnr} = \frac{P_{ngen}^{gnr}}{\sum_{gnr} P_{ngen}^{gnr}} \quad (Wh) \quad (2604)$$

16.7.3.1.2 Calcul des ratios de puissance rejetée (à chaque pas de temps)

Si $\phi_{rejet}(h-1) \neq 0$, on calcule à chaque pas de temps les ratios suivants :

$$\forall gnr \quad Rat_{\phi_{rejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (2605)$$

16.7.3.2 Calcul de la puissance rejetée totale

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (2606)$$

Le lien entre la VMC Simple Flux Extraction et la source amont se fait dans l'interface logicielle, en choisissant l'Id_SF_Extraction.

16.7.3.3 Calcul de la température amont

La première étape de modélisation des sources amont des générateurs thermodynamiques est le calcul de la température amont de fonctionnement. La source utilisée ici est un mélange air extrait - air extérieur.

16.7.3.3.1 Générateurs sur fluide amont mélange air extérieur/air extrait (idfluide-amontgnr=2)

16.7.3.3.1.1 Air extérieur ($id_{amont-air-type}^{gnr}=1$)

La température amont est celle de l'air extérieur :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (^\circ C) \quad (2607)$$

16.7.3.3.1.2 Air extrait ($id_{amont-air-type}^{gnr}=3$)

La température amont est la température d'air extrait d'un ou plusieurs groupes du projet au travers d'un système de ventilation simple flux ou double flux.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air\_extrait}^s(h) \quad (^\circ C) \quad (2608)$$

16.7.3.3.1.3 Mélange air extérieur/air extrait ($id_{amont-air-type}^{gnr}=4$)

La température amont suivante est utilisée dans le cas où : $-5^{\circ}\text{C} < \theta_{ext} < 10^{\circ}\text{C}$.

La température amont est la température de mélange air extrait et air extérieur.

La température de l'air extérieur est reprise de la météo conventionnelle.

La température d'air extrait est reprise de la méthode Th-BCE pour la source air extrait.

On a donc à chaque pas de temps :

$$\theta_{amont}(h) = ((T_{air\_extrait}^s(h) * Qm_{air\_extrait}^s) + (\theta_{ext}(h) * (Qm_{total}^s - Qm_{air\_extrait}^s))) / Qm_{total}^s$$

$$\text{Avec } Qm_{total}^s = (350/(3600)) * \rho_{i,g,prev} = 0,0972 * \rho_{i,g,prev}$$

La température amont suivante est utilisée dans le cas où : $\theta_{ext} < -5^{\circ}\text{C}$ et lorsque $\theta_{ext} > 10^{\circ}\text{C}$.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air\_extrait}^s(h) \quad (^{\circ}\text{C})$$

16.7.3.3.2 Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}(h) \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (2609)$$

16.7.3.3.3 Calcul de la consommation d'auxiliaires amonts

Le taux de charge est la moyenne pondérée des taux de charge des générateurs connectés :

$$\tau_{charge} = \sum_{gnr} \tau_{charge}^{gnr} \times Rat_{Pngen}^{gnr} \quad (2610)$$

16.7.3.3.4 Générateurs sur fluide amont air ($id_{fluide-amont}^{gnr}=2$)

Les générateurs sur fluide amont air non gainés n'ont pas de consommations d'auxiliaires amont, celles-ci étant comprises dans la performance.

$$W_{aux,am} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (2611)$$

Les générateurs sur fluide amont air gainés ont des consommations d'auxiliaires amont correspondant à la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des conduits, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.

$$W_{aux,am} = P_{vent\_gainé} \times \tau_{charge} \quad (\text{Wh})$$

(2612)

$P_{vent\_gainé}$ est une donnée à renseigner par l'utilisateur.

16.7.3.3.4.1 Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\begin{aligned} \phi_{\text{rejet}}(h-1) \neq 0 &\Rightarrow \forall \text{ gnr } W_{\text{aux},\text{am}}^{\text{gnr}} = W_{\text{aux},\text{am}} \times \text{Rat}_{\text{Phirejet}}^{\text{gnr}} \\ \phi_{\text{rejet}}(h-1) = 0 &\Rightarrow \forall \text{ gnr } W_{\text{aux},\text{am}}^{\text{gnr}} = W_{\text{aux},\text{am}} \times \text{Rat}_{\text{Pngen}}^{\text{gnr}} \end{aligned}$$

(2613)

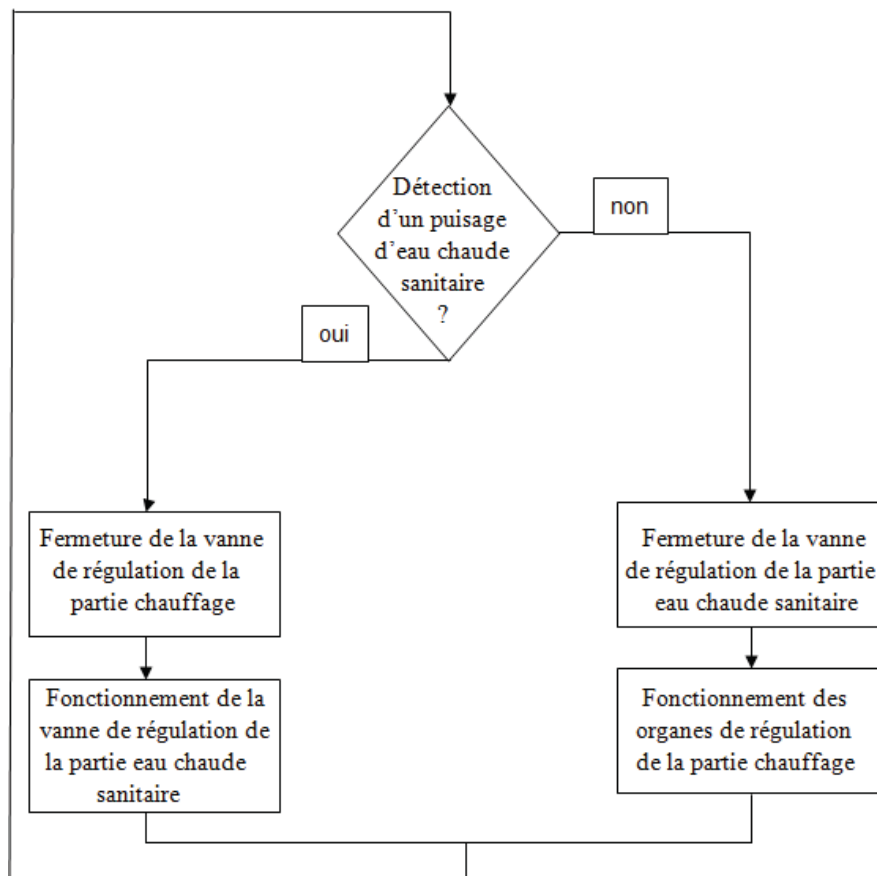


Figure 5 : Logigramme de fonctionnement au niveau du module d'alimentation

Le présent chapitre s'applique aux bâtiments à usage d'habitation collectifs et **maisons individuelles et accolées** équipés d'un module d'alimentation composé a minima :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un raccordement au réseau d'eau froide sanitaire,
- d'un raccordement au réseau de distribution individuelle d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation thermostatique à détection de débit de la température de l'eau chaude sanitaire produite,
- d'un raccordement au réseau primaire (bitube) d'eau chaude.

Elle s'applique aux modules d'appartement permettant d'assurer les besoins :

- soit d'eau chaude sanitaire et de chauffage de manière dite « directe »,
- soit d'eau chaude sanitaire et de chauffage de manière dite « indirecte ».

Les modules d'alimentation mixte chauffage – eau chaude sanitaire devront comporter une liaison au réseau de chauffage de manière directe (= sans échangeur à plaques) ou indirecte (= par échangeur à plaques). La régulation de la partie chauffage ainsi que le circulateur de chauffage pourront être présents sur le module.

16.8.1.1 Configuration n°1 : Les modules Eau chaude sanitaire et chauffage « direct »

Les modules d'alimentation assurant les besoins en eau chaude sanitaire et les besoins en chauffage de manière directe sont composés :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation de la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un des six modes de régulation de la partie chauffage. Ces différents modes sont définis ci-après.

Note : Dans cette configuration, l'eau du réseau primaire est la même que l'eau du réseau de chauffage.

Deux variantes sont possibles pour cette configuration :

- Le maintien ou non en température de l'échangeur à plaques dédié à la production instantanée d'eau chaude sanitaire par circulation permanente d'un débit de fluide primaire,
- Le mode de régulation de la partie chauffage.

Les six modes de régulation de la partie chauffage sont fonction de la présence ou non d'un circulateur :

- si aucun circulateur de chauffage n'est présent sur le module :
 - raccordement direct au réseau de chauffage du groupe (sans organe de régulation),
 - présence d'une vanne à deux voies régulée en tout ou rien,
 - présence d'une vanne à deux voies modulante permettant de réguler le débit dans la partie chauffage du groupe,
- si un circulateur de chauffage (raccordé au réseau groupe) est installé sur le module :
 - présence d'une vanne à deux voies régulée en tout ou rien placée en série d'une vanne à trois voies modulante montée en mélange,
 - présence d'une vanne à trois voies modulante montée en mélange,
 - présence d'un bypass lisse.

16.8.1.2 Configuration n°2 : Les modules Eau chaude sanitaire et chauffage « indirect »

Les modules d'alimentation assurant les besoins en eau chaude sanitaire et les besoins en chauffage de manière indirecte sont composés :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un échangeur à plaques pour le chauffage,
- d'une régulation de la production instantanée d'eau chaude sanitaire,

- d'une régulation de la partie chauffage sur la partie primaire de l'échangeur à plaques dédiée au chauffage,
- d'un circulateur qui assure la circulation de l'eau de chauffage dans le groupe.

Note : Ce type de module est constitué de trois réseaux distincts : le réseau primaire d'eau chaude, le réseau d'eau de chauffage et le réseau d'eau chaude sanitaire.

Les deux variantes intégrées pour cette configuration sont le maintien ou non en température des échangeurs à plaques par circulation permanente d'un débit de fluide primaire.

16.8.1.3 *Le réseau primaire*

Indépendamment de la configuration de module d'alimentation retenue, le réseau primaire est composé :

- de longueurs de tubes isolés présents en volume chauffé,
- de longueurs de tubes isolés présents hors volume chauffé,
- d'un circulateur.

L'unique variante pour le réseau primaire consiste en l'installation d'un bypass thermostatique en sommet de colonne montante afin de maintenir un débit minimal dans le réseau primaire en cas d'arrêt de la circulation de fluide au sein des modules lors des périodes de non-demande.

Note : Les longueurs comprises entre la boucle primaire et les modules d'alimentation font partie intégrante de la boucle primaire.

16.8.2 CONFIGURATION N°1 : LES MODULES ECS ET CHAUFFAGE « DIRECT »

16.8.2.1 *Nomenclature du modèle*

Un unique modèle de module thermique d'alimentation doit être commun à chaque groupe. Un même groupe peut contenir plusieurs modules mais de même nature.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
E.T.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m²			
	$Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
	q_{eff}^{ds}	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage	m³/h			
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température de départ du réseau du groupe ds , pour le chauffage	°C			
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température de retour du réseau du groupe ds , pour le chauffage	°C			

	$Q_{sys\_ch}^{ds}$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage	Wh			
	Mod_{pertes}^{ds}	Coefficient de modulation des pertes du réseau des groupes	Réel	0	1	
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$idfonction$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : 2 : ECS et chauffage direct, 3 : ECS et chauffage indirect.		2	3	
	$\delta_{M\_ech\_ECS\_ter}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS : 0: pas de maintien en température 1: maintien en température	-	0	1	
	id_{circ}	Mode de régulation du régulateur : 0 : Pas de circulateur, 1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle, 3 Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau	-	0	3	
	$Id\_Position$	Position du module dans le local : 0 : Hors volume chauffé 1 : Dans volume chauffé	-	0	1	
	a	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur ECS	1/W.K	$-\infty$	$+\infty$	
	b	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur ECS	1/K	$-\infty$	$+\infty$	
	c	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur ECS	W/K	$-\infty$	$+\infty$	
	$\theta_{in\_prim\_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>5 0		
	$q_{maintien\_échan\_geur\_ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m3/h			
	Nb_{mod}	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-			
	$\theta_{out\_prim\_mainti\_en\_échangeur\_ECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C			
	$\epsilon p_{iso\_ech\_ECS}$	Epaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m			
	$\lambda_{iso\_ech\_ECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/mK			
	U_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/mK			
	L_{ECS}	Longueur des tubes ECS dans un module	m			
	U_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/mK			
	L_{mixte}	Longueur des tubes mixtes dans un module	m			
	$U_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/mK			
	$L_{chauffage}$	Longueur des tubes chauffage dans un module	m			

	R_{module}	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'alimentation	m^2K/W			
	P_{aux_fct}	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W			
	$P_{aux\_arrêt}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W			
	q_{resid}	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m^3/h			
	q_{nom}	Débit nominal du réseau intergroupes	m^3/h			
	$\delta_{prod\_ECS\_CH}$	Indicateur de production simultanée d'ECS et de chauffage : 0 : production alternée 1 : production simultanée	Réel			
	$\Delta_{reseau\_mixte\_maintien\_température}$	Chute de température lors du maintien en température du réseau mixte hors utilisation des MTA	Réel	0	$+\infty$	5
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau	Réel	0	1	
	$\theta_{in\_prim}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes	$^{\circ}C$			
	$\theta_{out\_prim}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes	$^{\circ}C$			
	$Q_{totale}(h)$	Energie requise en entrée du réseau intergroupes	Wh			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations des pompes du réseau intergroupes	Réel			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	q^{mod}_{ECS}	Débit de puisage ECS par module	m^3/h			0,72
	q_{ECS}	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m^3/h			
	$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W			
	θ_{2nd-e}	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	$^{\circ}C$			
	$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
	$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation	W/K			
	$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K			
	$\Delta T_e(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
	$\Delta T_s(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
	$\theta_{in\_prim\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS	$^{\circ}C$			
	$\theta_{out\_prim\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS	$^{\circ}C$			
	$q_{prim\_ECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m^3/h			

$Q_{prim\_ECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh			
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h			
$q_{prim\_statique\_ECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m ³ /h			
$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim\_statique\_ECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$Temps_{statique}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h			
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
$R_{éch\_ECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur	m ² K/W			
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
$H_{éch\_ECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K			
H_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/K			
H_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/K			
$H_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/K			
H_{module}	Coefficient de déperditions de l'enveloppe externe du module	W/K			
S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh			
$\Phi_{module\_ECS}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh			
$\Phi_{module\_statique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique	Wh			
$\Phi_{module\_CH}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement chauffage	Wh			
$\theta_{moy\_ECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C			
$\theta_{amb}(h)$	Température de volume ambiant	°C			20
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
$\theta_{moy\_statique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupe sur un pas de temps	m ³ /h			
$\theta_{out\_prim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	°C			
$C_{auxgéné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh			
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommations des auxiliaires des générations d'un module	Wh			

	$\Phi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh			
	$\Phi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh			
	$q_{nom\_ch}^{ds}$	Débit nominal de chauffage des groupes	m ³ /h			
	$q_{prim\_chauffage}(h)$	Débit de chauffage requis au primaire de tous les modules en fonctionnement chauffage	m ³ /h			
	$Temps_{ECS\_CH}(h)$	Temps de couverture simultané des besoins ECS et chauffage	h			
	$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins chauffage	h			
	$Temps_{ECS\_seule}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS seuls	h			
	$Temps_{CH\_seul}(h)$	Temps de couverture des besoins de chauffage seuls	h			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
	$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
	R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
	S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	Cp_{eau}	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m ³ /K			1,16
	ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³			1000

16.8.2.2 Description du module

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir qu'un composant du groupe (chauffage ou ECS) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis ou à la température de consigne minimale de la génération,
- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis, plus le débit requis pour couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation,
- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis, y compris les débits permettant de couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation.

16.8.2.3 Description mathématique

Cette partie établit pour chaque module d'alimentation Eau chaude sanitaire & Chauffage direct :

- Les pertes thermiques du module, c'est-à-dire l'énergie perdue dans le volume chauffé et le volume non chauffé,
- Les températures d'entrée et de sortie du module au primaire et secondaire,
- Les débits du module au primaire et au secondaire,
- Les consommations des auxiliaires,
- Les besoins en énergie thermique majorés des pertes du module.

16.8.2.3.1 Modules d'alimentation eau chaude sanitaire & chauffage direct

Cette fiche algorithmique décrit le modèle des modules d'alimentation en fonctionnement Eau chaude sanitaire & chauffage direct. Ces modules sont reliés :

- En amont à un réseau de distribution primaire,
- En aval à un ou plusieurs systèmes d'émission internes au groupe, définis au niveau du groupe.

Les caractéristiques principales des modules d'alimentation sont :

- Ses pertes (en W/K dont une partie seulement est récupérable par l'ambiance),
- Ses régimes de fonctionnement (températures et débits),
- Ses consommations d'auxiliaires.

16.8.2.3.2 Principe et définition

Un module d'alimentation est obligatoirement relié :

- En aval, à une émission hydraulique d'un groupe,
- En amont à un réseau de distribution primaire.

16.8.2.3.3 Calculs des indicateurs du module d'alimentation

16.8.2.3.3.1 Caractérisation

Tous les modules décrits dans cette fiche algorithmique couvrent les besoins en chauffage et en ECS des groupes auxquels ils sont raccordés :

$$id_{fonction} = 2 \quad (2614)$$

L'échangeur ECS peut être maintenu en température ou non :

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1 \quad (2615)$$

Sinon,

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 0 \quad (2616)$$

La production de chauffage et d'ECS peut être alternée ou simultanée :

Si la production de chauffage et d'ECS est simultanée, alors

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 1 \quad (2617)$$

Sinon

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 0 \quad (2618)$$

16.8.2.3.3.2 Fonctionnement

Le module d'alimentation, en fonction de sa conception, peut fonctionner :

- Tout le temps (débit minimal de maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire),
- Uniquement en cas de soutirage ECS ou en cas de demande chauffage.

La différence par rapport au module de production ECS seul réside dans les algorithmes complémentaires dédiés au chauffage.

La priorité est toujours donnée à l'eau chaude sanitaire, mais deux types de régulations existent :

- ECS et chauffage en alternance (présence de vanne(s) à deux voies permettant de stopper le débit vers la partie chauffage lors de soutirage d'eau chaude sanitaire),
- ECS et chauffage en simultané (pas de vannes à deux voies tout ou rien sur la partie chauffage du module).

16.8.2.3.4 Couverture des besoins ECS

Le débit de puisage ECS est fixé par module forfaitairement à 12 l/min :

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (2619)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (2620)$$

La somme des puissances des échangeurs à plaques de chaque module fournie à l'eau sanitaire est définie de la manière suivante :

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (2621)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (2622)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (2623)$$

Si $P_{ECS}(h) > 0$, nous avons le modèle suivant :

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_ECS} de l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire peut être calculé :

$$UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h) = a \times (P_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (2624)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60

720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60
720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - a_def = -9,5502 E -07 (1/W.K)
 - b_def = 0,07943663 (1/K)
 - c_def = - 407,54714 (W/K)
 -

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h)} \quad (2625)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (2626)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out\_prim\_ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (2627)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out\_prim\_ECS}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton:

$$\text{Initialisation : } \Delta T_s = 50 \quad (2628)$$

$$\text{Initialisation DTLM} = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX\_ECS}^{mod}} \quad (2629)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2630)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors :

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1}{(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right))^2}} \quad (2631)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2632)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out\_prim\_ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (2633)$$

Cependant, Si $P_{ECS}(h) = 0$, nous avons les équations suivantes :

$$\theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2634)$$

$$\theta_{out\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) - 5 \quad (2635)$$

$$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h) = 0 \quad (2636)$$

$$\Delta T_s = 0 \quad (2637)$$

Le débit au primaire des échangeurs Eau chaude sanitaire de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim\_ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{out\_prim\_ECS}(h))} \quad (2638)$$

L'énergie à fournir au primaire de tous les modules est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim\_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim\_ECS}(h) \times (\theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{out\_prim\_ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (2639)$$

Avec :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (2640)$$

Si $Temps_{ECS}(h) > 1$, le moteur renvoie une erreur indiquant que la période est supérieure à 1 heure.

16.8.2.3.5 Couverture des besoins en chauffage

Le chauffage est réalisé de manière directe, ce qui veut dire que l'on récupère du groupe les données suivantes :

- Température de départ vers les émetteurs,
- Température de retour des émetteurs,
- Débit circulant dans les émetteurs.

L'algorithme ici présenté permet de calculer :

- La température de retour sur le réseau chauffage interne au module,
- Le débit de chauffage (côté primaire) requis par le module.

Plusieurs configurations de chauffage sont disponibles :

- Chauffage direct à débit constant dans les émetteurs et le module avec ou sans V2V tout ou rien,
- Chauffage direct à débit constant dans les émetteurs avec bypass et débit variable dans le module (avec ou sans vanne à deux voies « tout ou rien » présente en amont du bypass ou V3V avec circulateur),
- Chauffage direct à débit variable dans les émetteurs et le module avec V2V modulante.

La température de départ du réseau intergroupes est constante en mode chauffage et est définie par :

$$\theta_{in\_prim\_ch}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2641)$$

Le débit du réseau intergroupes est défini par :

$$q_{prim\_ch}(h) = \sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \frac{(\theta_{dep}^{ds}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h))}{(\theta_{in\_prim\_ch}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h))} \quad (2642)$$

La température du réseau intergroupes est définie par :

$$\theta_{out\_prim\_ch}(h) = \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (2643)$$

Le besoin en chauffage à couvrir par le réseau intergroupe est :

$$Q_{prim\_ch}(h) = \sum_{ds} Q_{sys\_ch}^{ds}(h) \quad (2644)$$

16.8.2.3.6 Couverture des pertes statiques

Dans le cas où l'échangeur ECS du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim\_statique\_ECS}(h) = q_{maintien\_echangeur\_ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times Nb_{mod} \quad (2645)$$

La température de retour est aussi à saisir par l'utilisateur.

Si $\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1$, alors :

$$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h) = \theta_{out\_prim\_maintien\_echangeur\_ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \quad (2646)$$

Sinon :

$$\begin{aligned} \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h) \\ = \theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) - \Delta_{reseau\_mixte\_maintien\_temperature} \end{aligned} \quad (2647)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages d'eau chaude sanitaire :

$$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2648)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire est déduite des équations précédentes :

$$\begin{aligned} Q_{prim\_statique\_ECS}(h) \\ = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim\_statique\_ECS}(h) \times (\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) \\ - \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)) \times Nb_{mod} \times Temps_{statique}(h) \end{aligned} \quad (2649)$$

$$\begin{aligned} Temps_{statique}(h) = 1 - Temps_{ECS}(h) \end{aligned} \quad (2650)$$

16.8.2.3.7 Pertes thermiques

16.8.2.3.7.1 Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{ech} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (2651)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($hc = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{ech\_ECS} = \frac{\epsilon_{p_{iso\_ech\_ECS}}}{\lambda_{iso\_ech\_ECS}} \quad (2652)$$

La résistance thermique superficielle Rsi équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.K/W \quad (2653)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{éch\_ECS} = \frac{S_{ech}}{(R_{si} + R_{éch\_ECS})} \quad (2654)$$

16.8.2.3.7.2 Tubes primaires mixtes (communs au chauffage et à l'eau chaude sanitaire)

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module avant les dérivation vers l'échangeur Eau chaude sanitaire et vers le réseau de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{mixte} et leur coefficient de déperdition thermique U_{mixte} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température. Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{mixte}) est défini par :

$$H_{mixte} = U_{mixte} \times L_{mixte} \quad (2655)$$

16.8.2.3.7.3 Tubes primaires usage ECS

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module côté primaire de l'échangeur Eau chaude sanitaire. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{ECS} et leur coefficient de déperdition thermique U_{ECS} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{ECS}) est défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (2656)$$

16.8.2.3.7.4 Tubes primaires usage chauffage

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module après la dérivation vers le réseau de chauffage raccordé au module et affectés à l'usage de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur $L_{chauffage}$ et leur coefficient de déperdition thermique $U_{chauffage}$ (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté $H_{chauffage}$) est défini par :

$$H_{chauffage} = U_{chauffage} \times L_{chauffage} \quad (2657)$$

16.8.2.3.7.5 Enveloppe du module d'alimentation

Le module d'alimentation est caractérisé par ses déperditions thermiques vers le volume chauffé ou non chauffé, elles-mêmes dépendantes de la présence ou non d'isolant sous le capot du module d'alimentation.

Le coefficient de déperdition du module d'alimentation (en W/K) est fonction de sa surface d'échange avec l'extérieur (S_{module}) et des caractéristiques de son isolant (R_{module}) : il est noté H_{module} .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (2658)$$

Avec :

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.K/W$. L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.

- R_{module} : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en $\text{m}^2.\text{K/W}$
- $S_{\text{module}} = 0,8 \text{ m}^2$ (valeur conventionnelle).

16.8.2.3.8 Temps de fonctionnement dans chaque mode

16.8.2.3.8.1 Mode ECS

Le temps de fonctionnement de l'échangeur d'un module équivalent est défini comme suit :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{w,2nd-e,ds-e}(h)}{P_{ECS}(h)} \quad (2659)$$

Avec BECS le besoin d'ECS calculé par le moteur de calcul sur le groupe augmenté des pertes de distribution individuelle.

S'il n'y a pas de besoin ECS à couvrir, alors :

$$Temps_{ECS}(h) = 0 \quad (2660)$$

16.8.2.3.8.2 Mode Chauffage et ECS

16.8.2.3.8.2.1 Cas de la production simultanée de chauffage et d'ECS : $\delta_{\text{prod ECS CH}} = 1$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{\text{pertes}}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{\text{pertes}}^{ds}(h)}{Nb_{\text{groupes}}} \quad (2661)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (2662)$$

On introduit donc une mesure de temps « mixte » pendant laquelle ont lieu des puisages d'ECS et une couverture des besoins de chauffage (production simultanée) :

$$Temps_{ECS\_CH}(h) = \min(Temps_{ECS}(h); Temps_{CH}(h)) \quad (2663)$$

16.8.2.3.8.2.2 Cas de la production alternée de chauffage et d'ECS : $\delta_{\text{prod ECS CH}} = 0$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{\text{pertes}}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{\text{pertes}}^{ds}(h)}{Nb_{\text{groupes}}} - Temps_{ECS}(h) \quad (2664)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (2665)$$

On a aussi :

$$Temps_{ECS\_CH}(h) = 0 \quad (2666)$$

16.8.2.3.8.3 Mode statique

Afin de rendre compte au mieux du fonctionnement « séquentiel » du module d'alimentation, il convient d'introduire trois autres mesures de temps.

Le temps de fonctionnement « mixte » ayant déjà été introduit, trois autres mesures de temps sont introduites :

- Temps de production d'ECS seule,
- Temps de production de chauffage seul,
- Temps « statique ».

$$\begin{aligned} Temps_{ECS\_seule}(h) &= \max(0; Temps_{ECS}(h) - Temps_{ECS\_CH}(h)) \\ Temps_{CH\_seul}(h) &= \max(0; Temps_{CH}(h) - Temps_{ECS\_CH}(h)) \\ Temps_{statique}(h) &= \max(0; 1 - Temps_{ECS\_CH}(h) - Temps_{ECS}(h) - Temps_{CH}(h)) \end{aligned} \quad (2667)$$

16.8.2.3.9 Pertes thermiques du module sur une heure

Les pertes thermiques du module sont définies par la somme des pertes thermiques en fonctionnement et en mode statique :

$$\begin{aligned} \phi_{module}(h) &= \phi_{module\_CH\_seul}(h) + \phi_{module\_ECS\_seule}(h) + \phi_{module\_ECS\_CH}(h) \\ &\quad + \phi_{module\_statique}(h) \end{aligned} \quad (2668)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \quad (2669)$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \quad (2670)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \quad (2671)$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (2672)$$

16.8.2.3.9.1 Pertes thermiques en fonctionnement chauffage et ECS

En fonctionnement chauffage et ECS l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2673)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_CH}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_CH}(h) + \theta_{out\_prim\_CH}(h)}{2} \quad (2674)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH}(h) = MAX(\theta_{moy\_ECS}(h); \theta_{moy\_CH}(h)) \quad (2675)$$

Les déperditions du module en fonctionnement chauffage et eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\phi_{module\_ECS\_CH} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_CH} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH} - \theta_{amb}) + H_{chauffage} \times (\theta_{moy\_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})} \quad (2676)$$

16.8.2.3.9.2 Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule

Lors de puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à la température moyenne de l'eau primaire circulant dans le module :

$$\theta_{moy\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2677)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy\_mixte\_ECS}(h) = \theta_{moy\_ECS}(h) \quad (2678)$$

Les déperditions du module lors de puisages d'eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\phi_{module\_ECS} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_seule} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})} \quad (2679)$$

16.8.2.3.9.3 Pertes thermiques en fonctionnement chauffage seul

En fonctionnement chauffage seul, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur est maintenu en température :

$$\theta_{moy\_statique\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_statique\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_statique\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2680)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_CH}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_CH}(h) + \theta_{out\_prim\_CH}(h)}{2} \quad (2681)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH}(h) = MAX(\theta_{moy\_ECS}(h); \theta_{moy\_CH}(h)) \quad (2682)$$

Les déperditions du module en mode chauffage uniquement sont donc :

$$\phi_{module\_CH} = Nb_{mod} \times Temps_{CH\_seul} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{moy\_statique\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_CH} - \theta_{amb}) + H_{CH} \times (\theta_{moy\_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}))} \quad (2683)$$

16.8.2.3.9.4 Pertes thermiques du module en mode statique

En mode statique, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur est maintenu en température :

$$\theta_{moy\_statique\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_statique\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_statique\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2684)$$

Les tubes chauffage sont supposés non maintenus en température.

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy\_statique\_mixte}(h) = \theta_{moy\_statique\_ECS}(h) \quad (2685)$$

Les déperditions du module en fonctionnement statique sont donc :

- Si l'échangeur est maintenu en température :

-

$$\begin{aligned} \phi_{module\_statique} \\ = Nb_{mod} \times Temps_{statique} \\ \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{moy\_statique\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_statique} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{mixte})} \end{aligned} \quad (2686)$$

- Si l'échangeur n'est pas maintenu en température :

-

$$\theta_{module\_statique}(h) = 0 \quad (2687)$$

16.8.2.3.10 Calcul des besoins en énergie sur une heure

Les besoins en énergie à couvrir, par le module, augmentés des pertes sont évalués par la formule suivante :

$$Q_{totale}(h) = \theta_{prim\_ECS}(h) + Q_{prim\_CH}(h) + Q_{prim\_statique\_ECS}(h) + \phi_{module}(h) \quad (2688)$$

Cette énergie est à fournir par le réseau primaire au groupe.

16.8.2.3.11 Débit d'irrigation moyen sur une heure

Le débit moyen entrant dans le module sur un pas de temps d'une heure est défini par la formule suivante :

$$\begin{aligned} q_{moyen}(h) = MAX((q_{prim\_ECS}(h) + q_{prim\_CH}(h)) \times Temps_{ECS\_CH} + q_{prim\_ECS}(h) \\ \times Temps_{ECS\_seule} + (q_{prim\_statique\_ECS}(h) + q_{prim\_CH}(h)) \\ \times Temps_{CH\_seul} + (q_{prim\_statique\_ECS}(h) + q_{prim\_statique\_CH}(h)) \\ \times Temps_{statique}; q_{resid}) \end{aligned} \quad (2689)$$

16.8.2.3.12 Calcul de la température de retour moyenne sur une heure

La température de retour moyenne sortant du module équivalent sur un pas de temps d'une heure est définie par la formule suivante :

$$\begin{aligned} \theta_{out\_prim}^{mod\_EQ} \\ = \frac{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ch}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ}}{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ}} \end{aligned} \quad (2690)$$

16.8.2.3.13 Auxiliaires de génération

Les circulateurs inclus dans les modules d'alimentation seront à saisir dans le groupe.

Les auxiliaires de génération de type cartes électroniques seront à renseigner par l'utilisateur. On distinguera les consommations à l'arrêt des consommations en fonctionnement.

Les consommations de ces auxiliaires sont données sur chaque pas de temps par la formule suivante :

$$C_{aux\_géné}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux\_géné}^{mod}(h) \quad (2691)$$

Avec :

$$C_{aux\_géné}^{mod}(h) = P_{aux\_fct} \times (Temps_{ECS\_CH}(h) + Temps_{ECS\_seule}(h) + Temps_{CH\_seul}(h)) + P_{aux\_arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (2692)$$

16.8.2.3.14 Pertes transmises à l'ambiance

On suppose conventionnellement que si les modules sont hors volume chauffé alors aucune part d'énergie perdue par les modules n'est récupérable.

Si les modules sont en volume chauffé, alors on considère que 50% des pertes sont récupérables :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (2693)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}^{mod}(h) + C_{aux\_géné}^{mod}(h)) \quad (2694)$$

16.8.2.3.15 Mode de gestion du réseau et des circulateurs de distribution intergroupe mixte

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) = 1 \quad (2695)$$

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable, avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

- Si $idcirc = 0$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (2696)$$

- Si $idcirc = 1$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (2697)$$

- Si $idcirc = 2$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2698)$$

- Si $id_{circ} = 3$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2699)$$

16.8.3 CONFIGURATION N°2 : MODULES ECS ET CHAUFFAGE INDIRECT

16.8.3.1 Nomenclature du modèle

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
E.T.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m²			
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
	q_{eff}^{ds}	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage	m³/h			
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température de départ du réseau du groupe ds, pour le chauffage	°C			
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température de retour du réseau du groupe ds, pour le chauffage	°C			
	$Q_{sys, ch}^{ds}$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage	Wh			
	Mod_{pertes}^{ds}	Coefficient de modulation des pertes du réseau des groupes	Réel	0	1	
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : 2 : ECS et chauffage direct, 3 : ECS et chauffage indirect.		2	3	3
	$\delta_{M,ech,ECS,ter}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS : 0 : Pas de maintien en température, 1 : maintien en température,	-	0	1	
	id_{circ}	Mode de régulation du régulateur : 0 : Pas de circulateur,	-	0	3	

		1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle 3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau				
	Id_Position	Position du module dans le local : 0 : Hors volume chauffé 1 : Dans volume chauffé	-	0	1	
	a	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur ECS	1/W.K	-∞	+∞	
	b	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur ECS	1/K	-∞	+∞	
	c	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur ECS	W/K	-∞	+∞	
	a_CH	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur de chauffage	1/W.K	-∞	+∞	
	b_CH	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur de chauffage	1/K	-∞	+∞	
	c_CH	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur de chauffage	W/K	-∞	+∞	
	θ_{in_prim_nom}	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>5 0		
	q_{maintien_échan} geur ECS	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m3/h			
	q_{maintien_échan} geur Chauffage	Débit de maintien en température d'un échangeur chauffage	m3/h			
	Nb_{mod}	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-			
	θ_{out_prim_mainti} en_échangeur_E CS	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C			
	θ_{out_prim_mainti} en_échangeur_C H	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur chauffage	°C			
	ép_{iso_ech_ECS}	Epaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m			
	λ_{iso_ech_ECS}	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	W/mK			
	ép_{iso_ech_CH}	Epaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur chauffage	m			
	λ_{iso_ech_CH}	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur chauffage	W/mK			
	U_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/mK			
	L_{ECS}	Longueur des tubes ECS dans un module	m			
	U_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/mK			
	L_{mixte}	Longueur des tubes mixtes dans un module	m			
	U_{chauffage}	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/mK			
	L_{chauffage}	Longueur des tubes chauffage dans un module	m			
	R_{module}	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'alimentation	m²K/W			

	P_{aux_fct}	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W			
	$P_{aux\_arrêt}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W			
	q_{resid}	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m ³ /h			
	q_{nom}	Débit nominal du réseau intergroupes	m ³ /h			
	$\delta_{prod\_ECS\_CH}$	Indicateur de production simultanée d'ECS et de chauffage : 0 : production alternée 1 : production simultanée	Réel			
	$\Delta_{reseau\_mixte\_maintien\_température}$	Chute de température lors du maintien en température du réseau mixte hors utilisation des MTA	Réel	0	+∞	5
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau	Réel	0	1	
	$\theta_{in\_prim}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes	°C			
	$\theta_{out\_prim}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes	°C			
	$Q_{totale}(h)$	Energie requise en entrée du réseau intergroupes	Wh			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations des pompes du réseau intergroupes	Réel			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	q^{mod}_{ECS}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
	q_{ECS}	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m ³ /h			
	$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W			
	θ_{2nd-e}	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C			
	$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
	$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation	W/K			
	$P_{CH}^{mod}(h)$	Puissance de chauffage pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
	$UA_{HX\_CH}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation en chauffage	W/K			
	$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K			
	$\Delta T_e(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
	$\Delta T_s(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
	$\theta_{in\_prim\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS	°C			
	$\theta_{out\_prim\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS	°C			

$q_{prim\_ECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m^3/h			
$Q_{prim\_ECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh			
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h			
$Temps_{statique\_e\_ECS}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs ECS	h			
$q_{prim\_statique\_ECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m^3/h			
$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim\_statique\_ECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$\theta_{in\_prim\_CH}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques CH	°C			
$\theta_{out\_prim\_CH}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques CH	°C			
$q_{prim\_CH}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage CH	m^3/h			
$Q_{prim\_CH}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins CH	Wh			
$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins CH	h			
$Temps_{statique\_e\_CH}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs CH	h			
$q_{prim\_statique\_CH}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs CH raccordés au réseau intergroupes	m^3/h			
$\theta_{out\_prim\_statique\_CH}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques CH lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in\_prim\_statique\_CH}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim\_statique\_CH}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$Temps_{statique\_e}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h			
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m^2			0,3
$R_{éch\_ECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur ECS	m^2KW			
$R_{éch\_CH}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur chauffage	m^2KW			
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m^2KW			0,13
$H_{éch\_ECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K			
$H_{éch\_CH}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur chauffage	W/K			
H_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/K			

	H_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/K			
	$H_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/K			
	H_{module}	Coefficient de déperditions de l'enveloppe externe du module	W/K			
	S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
	$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh			
	$\Phi_{module\_ECS\_seul}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh			
	$\Phi_{module\_CH\_seul}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement chauffage	Wh			
	$\Phi_{module\_ECS\_CH}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement mixte	Wh			
	$\Phi_{module\_statique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique en fonctionnement ECS	Wh			
	$\theta_{moy\_ECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C			
	$\theta_{amb}(h)$	Température de volume ambiant	°C			
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
	$\theta_{moy\_statique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
	$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupe sur un pas de temps	m ³ /h			
	$\theta_{out\_prim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	°C			
	$C_{aux\_géné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh			
	$C_{aux\_géné}^{mod}(h)$	Consommations des auxiliaires des générations d'un module	Wh			
	$\Phi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh			
	$\Phi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh			
	$q_{nom\_ch}^{ds}$	Débit nominal de chauffage des groupes	m ³ /h			
	$q_{prim\_chauffage}(h)$	Débit de chauffage requis au primaire de tous les modules en fonctionnement chauffage	m ³ /h			
	$Temps_{ECS\_CH}(h)$	Temps de couverture simultané des besoins ECS et chauffage	h			
	$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins chauffage	h			
	$Temps_{ECS\_seul}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS seuls	h			
	$Temps_{CH\_seul}(h)$	Temps de couverture des besoins de chauffage seuls	h			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
	$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
	R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
	S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20

	$C_{p_{eau}}$	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m ³ / K			1,16
	ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³			1000

16.8.3.2 Description du module

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir qu'un composant du groupe (chauffage ou ECS) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis ou à la température de consigne minimale de la génération,
- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis, plus le débit requis pour couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation,
- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis, y compris les débits permettant de couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation.

16.8.3.3 Description mathématique

Cette partie établit pour chaque module d'alimentation Eau chaude sanitaire & Chauffage indirect :

- Les pertes thermiques du module, c'est-à-dire l'énergie perdue dans le volume chauffé et le volume non chauffé,
- Les températures d'entrée et de sortie du module au primaire et secondaire,
- Les débits du module au primaire et au secondaire,
- Les consommations des auxiliaires,
- Les besoins en énergie thermique majorés des pertes du module.

16.8.3.3.1 Modules d'alimentation eau chaude sanitaire & chauffage indirect

Cette fiche algorithme décrit le modèle des modules d'alimentation en fonctionnement Eau chaude sanitaire & chauffage indirect. Ces modules sont reliés :

- En amont à un réseau de distribution primaire,
- En aval à un ou plusieurs systèmes d'émission internes au groupe, définis au niveau du groupe.

Les caractéristiques principales des modules d'alimentation sont :

- Ses pertes (en W/K dont une partie seulement est récupérable par l'ambiance),
- Ses régimes de fonctionnement (températures et débits),
- Ses consommations d'auxiliaires.

16.8.3.3.2 Principe et définition

Un module d'alimentation est obligatoirement relié :

- En aval, à une émission hydraulique d'un groupe,
- En amont à un réseau de distribution primaire.

16.8.3.3.3 Calculs des indicateurs du module d'alimentation

16.8.3.3.3.1 Caractérisation

Tous les modules décrits dans cette fiche algorithmique couvrent les besoins en chauffage et en ECS des groupes auxquels ils sont raccordés :

$$id_{fonction} = 3 \quad (2700)$$

L'échangeur ECS peut être maintenu en température ou non :

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1 \quad (2701)$$

Sinon,

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 0 \quad (2702)$$

L'échangeur Chauffage peut être maintenu en température ou non :

Si l'échangeur Chauffage est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M\_ech\_CH\_temp} = 1 \quad (2703)$$

Sinon,

$$\delta_{M\_ech\_CH\_temp} = 0 \quad (2704)$$

La production de chauffage et d'ECS peut être alternée ou simultanée :

Si la production de chauffage et d'ECS est simultanée, alors

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 1 \quad (2705)$$

Sinon

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 0 \quad (2706)$$

16.8.3.3.3.2 Fonctionnement

Le module d'alimentation, en fonction de sa conception, peut fonctionner :

- Tout le temps (débit minimal de maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire),
- Uniquement en cas de soutirage ECS ou en cas de demande chauffage.

La différence par rapport au module de production ECS & chauffage direct réside dans les algorithmes complémentaires dédiés au chauffage réalisé par un échangeur à plaques.

La priorité est toujours donnée à l'eau chaude sanitaire, mais deux types de régulations existent :

- ECS et chauffage en alternance (présence de vanne(s) à deux voies permettant de stopper le débit vers la partie chauffage lors de soutirage d'eau chaude sanitaire),
- ECS et chauffage en simultané (pas de vannes à deux voies tout ou rien sur la partie chauffage du module module).

16.8.3.3.4 Couverture des besoins ECS

Le débit de puisage ECS est fixé par module forfaitairement à 12 l/min :

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (2707)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (2708)$$

La somme des puissances fournies des échangeurs à plaques de chaque module à l'eau sanitaire est définie de la manière suivante :

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p_{eau}} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (2709)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (2710)$$

$$p_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (2711)$$

Si $P_{ECS}(h) > 0$, nous avons le modèle suivant :

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_ECS} de l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire peut être calculé :

$$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h) = a \times (p_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times p_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (2712)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

•

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60

720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - a_def = -9,5502 E -07 (1/W.K)
 - b_def = 0,07943663 (1/K)
 - c_def = - 407,54714 (W/K)

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h)} \quad (2713)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (2714)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out\_prim\_ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (2715)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out\_prim\_ECS}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton :

$$\text{Initialisation : } \Delta T_s = 50 \quad (2716)$$

$$Initialisation\ DTLM = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX\_ECS}^{mod}} \quad (2717)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2718)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors : (2719)

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \cdot \frac{1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2} \quad (2720)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2720)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.
On en déduit :

$$\theta_{out\_prim\_ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (2721)$$

Cependant, Si $P_{ECS}(h) = 0$, nous avons les équations suivantes :

$$\theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2722)$$

$$\theta_{out\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) - 5 \quad (2723)$$

$$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h) = 0 \quad (2724)$$

$$\Delta T_s = 0 \quad (2725)$$

Le débit au primaire des échangeurs Eau chaude sanitaire de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim\_ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{out\_prim\_ECS}(h))} \quad (2726)$$

L'énergie à fournir au primaire de tous les modules est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim\_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim\_ECS}(h) \times (\theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{out\_prim\_ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (2727)$$

Avec :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (2728)$$

Si $Temps_{ECS}(h) > 1$, le moteur renvoie une erreur indiquant que la période est supérieure à 1 heure.

16.8.3.3.5 Couverture des besoins en chauffage

Le chauffage est réalisé de manière directe, ce qui veut dire que l'on récupère du groupe les données suivantes :

- Température de départ vers les émetteurs,

- Température de retour des émetteurs,
- Débit circulant dans les émetteurs.

L'algorithme ici présenté permet de calculer :

- La température de retour sur le réseau chauffage interne au module,
- Le débit de chauffage (côté primaire) requis par le module.

La température de départ du réseau intergroupes est constante en mode chauffage et est définie par :

$$\theta_{in\_prim\_ch}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2729)$$

Le besoin en chauffage à couvrir par le réseau intergroupes est :

$$Q_{prim\_ch}(h) = \sum_{ds} Q_{sys\_ch}^{ds}(h) \quad (2730)$$

La somme des puissances fournies des échangeurs à plaques de chaque module au chauffage est définie de la manière suivante :

$$P_{CH}(h) = \rho_{eau} \times C_{p_{eau}} \times \sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times (\theta_{dep}^{ds}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h)) \quad (2731)$$

$$P_{CH}^{mod}(h) = \frac{P_{CH}(h)}{Nb_{mod}} \quad (2732)$$

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_CH} de l'échangeur à plaques de chauffage peut être calculé :

$$UA_{HX\_CH}^{mod}(h) = a_{CH} \times (P_{CH}^{mod}(h))^2 + b_{CH} \times P_{CH}^{mod}(h) + c_{CH} \quad (2733)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60
720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75

720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - a_def = -9,5502 E -07 (1/W.K)
 - b_def = 0,07943663 (1/K)
 - c_def = - 407,54714 (W/K)

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{CH}^{mod}(h)}{UA_{HXCH}^{mod}(h)} \quad (2734)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in\_prim\_CH}(h) - \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{dep}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (2735)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{in\_prim\_CH}(h) - \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (2736)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in\_prim\_CH}(h) = \theta_{in\_prim\_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out\_prim\_CH}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton :

$$\text{Initialisation : } \Delta T_s = 50 \quad (2737)$$

$$Initialisation\ DTLM = \frac{P_{CH}^{mod}}{UA_{HX,CH}^{mod}} \quad (2738)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2739)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors :

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2}} \quad (2740)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2741)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.
On en déduit :

$$\theta_{out\_prim\_CH}(h) = \Delta T_s(h) + \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (2742)$$

Le débit au primaire des échangeurs de chauffage de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim\_CH}(h) = \frac{P_{CH}(h)}{\rho_{eau} \times C_{p_{eau}} \times (\theta_{in\_prim\_CH}(h) - \theta_{out\_prim\_CH}(h))} \quad (2743)$$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} \quad (2744)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (2745)$$

16.8.3.3.6 Couverture des pertes statiques

16.8.3.3.6.1 Pertes statiques échangeur ECS

Dans le cas où l'échangeur ECS du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim\_statique\_ECS}(h) = q_{maintien\_echangeur\_ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times Nb_{mod} \quad (2746)$$

Si $\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1$, alors :

$$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h) = \theta_{out\_prim\_maintien\_echangeur\_ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \quad (2747)$$

Sinon :

$$\begin{aligned} \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h) \\ = \theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) - \Delta_{reseau\_mixte\_maintien\_temperature} \end{aligned} \quad (2748)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages d'eau chaude sanitaire :

$$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2749)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire est déduite des équations précédentes :

$$\begin{aligned} Q_{prim\_statique\_ECS}(h) \\ = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim\_statique\_ECS}(h) \times (\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) \\ - \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)) \times Nb_{mod} \times Temps_{statique}(h) \end{aligned} \quad (2750)$$

$$Temps_{statique}(h) = 1 - Temps_{ECS}(h) \quad (2751)$$

16.8.3.3.6.2 Pertes statiques échangeur Chauffage

Dans le cas où l'échangeur chauffage du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur chauffage est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim\_statique\_CH}(h) = q_{maintien\_echangeur\_CH} \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp} \times Nb_{mod} \quad (2752)$$

La température de retour est aussi à saisir par l'utilisateur :

$$\theta_{out\_prim\_statique\_CH}(h) = \theta_{out\_prim\_maintien\_echangeur\_CH} \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp} \quad (2753)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages de chauffage :

$$\theta_{in\_prim\_statique\_CH}(h) = \theta_{in\_prim\_CH}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2754)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur de chauffage est déduite des équations précédentes :

$$\begin{aligned} Q_{prim\_statique\_CH}(h) \\ = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim\_statique\_CH}(h) \times (\theta_{in\_prim\_statique\_CH}(h) \\ - \theta_{out\_prim\_statique\_CH}(h)) \times Nb_{mod} \times Temps_{statique\_CH}(h) \end{aligned} \quad (2755)$$

$$Temps_{statique\_CH}(h) = 1 - Temps_{CH}(h) \quad (2756)$$

16.8.3.3.7 Pertes thermiques

16.8.3.3.7.1 Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{ech} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (2757)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($h_c = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{ech\_ECS} = \frac{\epsilon p_{iso\_ech\_ECS}}{\lambda_{iso\_ech\_ECS}} \quad (2758)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (2759)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{ech\_ECS} = \frac{S_{ech}}{(R_{si} + R_{ech\_ECS})} \quad (2760)$$

16.8.3.3.7.2 Pertes thermiques de l'échangeur Chauffage

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{ech} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (2761)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($h_c = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{ech\_CH} = \frac{\epsilon p_{iso\_ech\_CH}}{\lambda_{iso\_ech\_CH}} \quad (2762)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (2763)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{ech\_CH} = \frac{S_{ech}}{(R_{si} + R_{ech\_CH})} \quad (2764)$$

16.8.3.3.7.3 Tubes primaires mixtes (communs au chauffage et à l'eau chaude sanitaire)

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module avant les dérivations vers l'échangeur Eau chaude sanitaire et vers le réseau de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{mixte} et leur coefficient de déperdition thermique U_{mixte} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température. Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{mixte}) est défini par :

$$H_{mixte} = U_{mixte} \times L_{mixte} \quad (2765)$$

16.8.3.3.7.4 Tubes primaires usage ECS

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module côté primaire de l'échangeur Eau chaude sanitaire. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{ECS} et leur coefficient de déperdition thermique U_{ECS} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{ECS}) est défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (2766)$$

16.8.3.3.7.5 Tubes primaires usage chauffage

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module après la dérivation vers le réseau de chauffage raccordé au module et affectés à l'usage de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur $L_{chauffage}$ et leur coefficient de déperdition thermique $U_{chauffage}$ (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté $H_{chauffage}$) est défini par :

$$H_{chauffage} = U_{chauffage} \times L_{chauffage} \quad (2767)$$

16.8.3.3.7.6 Enveloppe du module d'alimentation

Le module d'alimentation est caractérisé par ses déperditions thermiques vers le volume chauffé ou non chauffé, elles-mêmes dépendantes de la présence ou non d'isolant sous le capot du module d'alimentation.

Le coefficient de déperdition du module d'alimentation (en W/K) est fonction de sa surface d'échange avec l'extérieur (S_{module}) et des caractéristiques de son isolant (R_{module}) : il est noté H_{module} .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (2768)$$

Avec :

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$. L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.
- R_{module} : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en $\text{m}^2.\text{K/W}$
- $S_{module} = 0,8 \text{ m}^2$ (valeur conventionnelle).

16.8.3.3.8 Temps de fonctionnement dans chaque mode

16.8.3.3.8.1 Mode ECS

Le temps de fonctionnement de l'échangeur d'un module équivalent est défini comme suit :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{w,2nd-e,ds-e}(h)}{P_{ECS}(h)} \quad (2769)$$

Avec BECS le besoin d'ECS calculé par le moteur de calcul sur le groupe augmenté des pertes de distribution individuelle.

S'il n'y a pas de besoin ECS à couvrir, alors :

$$Temps_{ECS}(h) = 0 \quad (2770)$$

16.8.3.3.8.2 Mode Chauffage et ECS

16.8.3.3.8.2.1 Cas de la production simultanée de chauffage et d'ECS : $\delta_{prod\_ECS\_CH} = 1$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} \quad (2771)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (2772)$$

On introduit donc une mesure de temps « mixte » pendant laquelle ont lieu des puisages d'ECS et une couverture des besoins de chauffage (production simultanée) :

$$Temps_{ECS\_CH}(h) = \min(Temps_{ECS}(h); Temps_{CH}(h)) \quad (2773)$$

16.8.3.3.8.2.2 Cas de la production alternée de chauffage et d'ECS : $\delta_{prod\_ECS\_CH} = 0$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} - Temps_{ECS}(h) \quad (2774)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (2775)$$

On a aussi :

$$Temps_{ECS\_CH}(h) = 0 \quad (2776)$$

16.8.3.3.8.2.3 Mode statique

Afin de rendre compte au mieux du fonctionnement « séquentiel » du module d'alimentation, il convient d'introduire trois autres mesures de temps.

Le temps de fonctionnement « mixte » ayant déjà été introduit, trois autres mesures de temps sont introduites :

- Temps de production d'ECS seule,
- Temps de production de chauffage seul,
- Temps « statique ».

$$\begin{aligned}
 Temps_{ECS\_seule}(h) &= \max(0; Temps_{ECS}(h) - Temps_{ECS\_CH}(h)) \\
 Temps_{CH\_seul}(h) &= \max(0; Temps_{CH}(h) - Temps_{ECS\_CH}(h)) \\
 Temps_{statique}(h) &= \max(0; 1 - Temps_{ECS\_CH}(h) - Temps_{ECS}(h) - Temps_{CH}(h))
 \end{aligned} \tag{2777}$$

16.8.3.3.9 Pertes thermiques du module sur une heure

Les pertes thermiques du module sont définies par la somme des pertes thermiques en fonctionnement et en mode statique :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module\_CH\_seul}(h) + \phi_{module\_ECS\_seule}(h) + \phi_{module\_ECS\_CH}(h) + \phi_{module\_statique}(h) \tag{2778}$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \tag{2779}$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \tag{2780}$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \tag{2781}$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \tag{2782}$$

16.8.3.3.9.1 Pertes thermiques en fonctionnement « mixte » chauffage et ECS

En fonctionnement chauffage et ECS, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_prim\_ECS}(h)}{2} \tag{2783}$$

En fonctionnement chauffage et ECS, l'échangeur et les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_CH}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_CH}(h) + \theta_{out\_prim\_CH}(h)}{2} \tag{2784}$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH}(h) = MAX(\theta_{moy\_ECS}(h); \theta_{moy\_CH}(h)) \tag{2785}$$

Les déperditions du module en fonctionnement chauffage et eau chaude sanitaire sont donc :

$$\begin{aligned}
 \phi_{module\_ECS\_CH} &= Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_CH} \\
 &\times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH} - \theta_{amb}) + H_{chauffage} \times (\theta_{moy\_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})}
 \end{aligned} \tag{2786}$$

16.8.3.3.9.2 Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule

Lors de puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à la température moyenne de l'eau primaire circulant dans le module :

$$\theta_{moy\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2787)$$

En fonctionnement ECS seule, l'échangeur Chauffage et les tubes Chauffage sont supposés à température moyenne si l'échangeur Chauffage est maintenu en température :

$$\theta_{moy\_statique\_CH}(h) = \frac{\theta_{in\_statique\_prim\_CH}(h) + \theta_{out\_statique\_prim\_CH}(h)}{2} \quad (2788)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy\_mixte\_ECS}(h) = MAX(\theta_{moy\_ECS}(h); \theta_{moy\_statique\_CH}(h)) \quad (2789)$$

Les déperditions du module lors de puisages d'eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\begin{aligned} \phi_{module\_ECS} &= Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_seule} \\ &\times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS} - \theta_{amb}) + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp} \times (\theta_{moy\_statique\_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp})} \end{aligned} \quad (2790)$$

16.8.3.3.9.3 Pertes thermiques en fonctionnement chauffage seul

En fonctionnement chauffage seul, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur est maintenu en température :

$$\theta_{moy\_statique\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_statique\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_statique\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2791)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_CH}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_CH}(h) + \theta_{out\_prim\_CH}(h)}{2} \quad (2792)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\_mixte\_CH}(h) = MAX(\theta_{moy\_ECS}(h); \theta_{moy\_CH}(h)) \quad (2793)$$

Les déperditions du module en mode chauffage uniquement sont donc :

$$\begin{aligned} \phi_{module\_CH} &= Nb_{mod} \times Temps_{CH\_seul} \\ &\times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{moy\_statique\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_CH} - \theta_{amb}) + H_{CH} \times (\theta_{moy\_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}))} \end{aligned} \quad (2794)$$

16.8.3.3.9.4 Pertes thermiques du module en mode statique

En mode statique, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur ECS est maintenu en température :

$$\theta_{moy\_statique\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_statique\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_statique\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2795)$$

En mode statique, l'échangeur Chauffage et les tubes Chauffage sont supposés à température moyenne si l'échangeur Chauffage est maintenu en température :

$$\theta_{moy\_statique\_CH}(h) = \frac{\theta_{in\_statique\_prim\_CH}(h) + \theta_{out\_statique\_prim\_CH}(h)}{2} \quad (2796)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\_statique\_mixte}(h) = MAX(\theta_{moy\_statique\_ECS}(h) ; \theta_{moy\_statique\_CH}(h)) \quad (2797)$$

Les déperditions du module en fonctionnement statique sont donc :

- Si au moins un échangeur est maintenu en température :

$$\begin{aligned} \phi_{module\_statique} = & Nb_{mod} \times Temps_{statique} \\ & (H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M_{ech\_ECS\_temp}} \times (\theta_{moy\_statique\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_statique\_mixte} - \theta_{amb}) \\ & + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times \delta_{M_{ech\_CH\_temp}} \times (\theta_{moy\_statique\_CH} - \theta_{amb}) \\ & \times \frac{1}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M_{ech\_ECS\_temp}} + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times \delta_{M_{ech\_CH\_temp}})} \end{aligned} \quad (2798)$$

- Si aucun échangeur n'est maintenu en température :

$$\theta_{module\_statique}(h) = 0 \quad (2799)$$

16.8.3.3.10 Calcul des besoins en énergie sur une heure

Les besoins en énergie à couvrir, par le module, augmentés des pertes sont évalués par la formule suivante :

$$Q_{totale}(h) = \theta_{prim\_ECS}(h) + Q_{prim\_CH}(h) + Q_{prim\_statique\_ECS}(h) + Q_{prim\_statique\_CH}(h) + \phi_{module}(h) \quad (2800)$$

Cette énergie est à fournir par le réseau primaire au groupe.

16.8.3.3.11 Débit d'irrigation moyen sur une heure

Le débit moyen entrant dans le module sur un pas de temps d'une heure est défini par la formule suivante :

$$\begin{aligned} q_{moyen}(h) = & MAX((q_{prim\_ECS}(h) + q_{prim\_CH}(h)) \times Temps_{ECS\_CH} + (q_{prim\_ECS}(h) \\ & + q_{prim\_statique\_CH}(h)) \times Temps_{ECS\_seule} + (q_{prim\_statique\_ECS}(h) \\ & + q_{prim\_CH}(h)) \times Temps_{CH\_seul} + (q_{prim\_statique\_ECS}(h) \\ & + q_{prim\_statique\_CH}(h)) \times Temps_{statique}; q_{resid}) \end{aligned} \quad (2801)$$

16.8.3.3.12 Calcul de la température de retour moyenne sur une heure

La température de retour moyenne sortant du module équivalent sur un pas de temps d'une heure est définie par la formule suivante :

$$\theta_{out\_prim}^{mod\_EQ} = \frac{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ch}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ}}{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ}} \quad (2802)$$

16.8.3.3.13 Auxiliaires de generation

Les circulateurs inclus dans les modules d'alimentation seront à saisir dans le groupe.

Les auxiliaires de génération de type cartes électroniques seront à renseigner par l'utilisateur. On distinguera les consommations à l'arrêt des consommations en fonctionnement.

Les consommations de ces auxiliaires sont données sur chaque pas de temps par la formule suivante :

$$C_{aux\_géné}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux\_géné}^{mod}(h) \quad (2803)$$

Avec :

$$C_{aux\_géné}^{mod}(h) = P_{aux\_fct} \times (Temps_{ECS\_CH}(h) + Temps_{ECS\_seule}(h) + Temps_{CH\_seul}(h)) + P_{aux\_arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (2804)$$

16.8.3.3.14 Pertes transmises à l'ambiance

On suppose conventionnellement que si les modules sont hors volume chauffé alors aucune part d'énergie perdue par les modules n'est récupérable.

Si les modules sont en volume chauffé, alors on considère que 50% des pertes sont récupérables :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (2805)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}^{mod}(h) + C_{aux\_géné}^{mod}(h)) \quad (2806)$$

16.8.3.3.15 Mode de gestion du réseau et des circulateurs de distribution intergroupe mixte

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) > 1 \quad (2807)$$

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable, avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

- Si $idcirc = 0$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (2808)$$

- Si $id_{circ} = 1$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (2809)$$

- Si $id_{circ} = 2$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2810)$$

- Si $id_{circ} = 3$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \right) \quad (2811)$$

16.8.4 CIRCUIT PRIMAIRE

16.8.4.1 Nomenclature du modèle

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
Γ_{Li}	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion	Réel			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations de circulateur issu de la fiche gestion/régulation	Réel			
	$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupe mixte	°C			
	$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupe mixte	°C			
	$Q_{sys\_ds\_req}$	Energie en chaud totale requise en entrée du réseau intergroupe mixte	Wh			
	$q_{moyen}(h)$	Débit moyen d'irrigation des MTA sur une heure	m3/h			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	L_{vc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{vc\_gaines\_MTA}$ A	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-

	$L_{hvc\_gaines\_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	Θ_{vc}	Température ambiante équivalente en volume chauffé lorsque le réseau intergroupe est sollicité	W/mK	0	$+\infty$	-
Paramètres intrinsèques du module						
	P_{aux}	Puissance du circulateur du réseau intergroupe mixte	W	0	$+\infty$	-
	P_{circ_vc}	Part des consommations d'auxiliaires transmise au volume chauffé sous forme de chaleur	Réel	0	1	-
	U_{moy_vc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	U_{moy_hvc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_vc\_gaines\_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_hvc\_gaines\_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$\phi_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA en volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
	$\phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA hors volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{moy}(h)$	Température moyenne dans le réseau intergroupe, qui va permettre de déterminer le comportement du générateur	°C			
	$Q_{sys}(h)$	Besoin en énergie augmenté des pertes thermiques du réseau intergroupes	Wh			
	$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution intergroupe au pas de temps h	Wh			
	$\phi_{aux\_vc}(h)$	Consomptions d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h.	Wh			
	$\phi_{pertes\_vc}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
	$\phi_{pertes\_hvc}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			

Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	θ_{vc}	Température de volume chauffé	°C			20

16.8.4.2 Description du module

La présente fiche décrit les processus ayant lieu au niveau d'un composant distribution intergroupes mixte, défini au niveau d'une génération.

Un réseau de distribution intergroupe correspond au premier niveau d'arborescence d'un réseau de distribution, en partant du générateur. Un composant distribution intergroupe doit obligatoirement être relié à une et une seule génération, et à au moins un réseau de distribution secondaire.

Plusieurs réseaux de distribution secondaires peuvent être connectés à un même réseau de distribution intergroupe.

16.8.4.3 Description mathématique

16.8.4.3.1 Calcul des pertes du réseau de distribution intergroupes

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (2812)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc} \quad (2813)$$

$$\theta_{vc} = 20 \text{ °C} \quad (2814)$$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes\_vc}(h) = & Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_vc} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \\ & + \phi_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}(h) \end{aligned} \quad (2815)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}(h) \\ = U_{moyen\_vc\_gaines\_MTA} \times L_{vc\_gaines\_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \end{aligned} \quad (2816)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}(h) = 0 \quad (2817)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}(h) = 0 \quad (2818)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h) \\ = U_{moyen\_hvc\_gaines\_MTA} \times L_{hvc\_gaines\_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) \\ - \theta_{hvc}(h)) \end{aligned} \quad (2819)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h) = 0 \quad (2820)$$

16.8.4.3.2 Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau secondaire dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau secondaire.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \times P_{aux}(1h) \quad (2821)$$

Conventionnellement, on considère que $P_{circ\_vc} = 0\%$: l'énergie consommée par les circulateurs du réseau intergroupes n'est pas transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc} \times W_{aux}(h) (W) \quad (2822)$$

16.8.4.3.3 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie est finalement la suivante :

$$Q_{sys\_ch}(h) = Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) + \phi_{pertes\_vc}(h) + \phi_{pertes\_hvc}(h) \quad (2823)$$

16.8.4.3.4 Affectation des besoins

Dans le cas où il y a des besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode chauffage des générations du moteur de calcul.

Dans le cas où il n'y a pas de besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode ECS des générations du moteur de calcul.

16.9 C_Dist_Distribution_Intergroupe_ECS_MTA

16.9.1 INTRODUCTION

La présente méthode s'applique aux bâtiments à usage d'habitation collectifs et **maisons individuelles et accolées** équipés d'un module d'alimentation composé a minima :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un raccordement au réseau d'eau froide sanitaire,
- d'un raccordement au réseau de distribution individuelle d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation thermostatique à détection de débit de la température de l'eau chaude sanitaire produite,
- d'un raccordement au réseau primaire (bitube) d'eau chaude.

Elle s'applique aux modules d'appartement permettant d'assurer les besoins d'eau chaude sanitaire uniquement,

Les modules d'alimentation mixte chauffage – eau chaude sanitaire devront comporter une liaison au réseau de chauffage de manière directe (= sans échangeur à plaques) ou indirecte (= par échangeur à plaques). La régulation de la partie chauffage ainsi que le circulateur de chauffage pourront être présents sur le module.

16.9.1.1 *Configuration n°1 : Les modules Eau chaude sanitaire seule*

Les modules d'alimentation assurent uniquement les besoins en eau chaude sanitaire. Ils sont composés :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation de la production instantanée d'eau chaude sanitaire.

Une variante est possible pour cette configuration avec le maintien ou non en température de l'échangeur à plaques par circulation permanente d'un débit primaire.

16.9.1.2 *Le réseau primaire*

Indépendamment de la configuration de module d'alimentation retenue, le réseau primaire est composé :

- de longueurs de tubes isolés présents en volume chauffé,
- de longueurs de tubes isolés présents hors volume chauffé,
- d'un circulateur.

L'unique variante pour le réseau primaire consiste en l'installation d'un bipasse thermostatique en sommet de colonne montante afin de maintenir un débit minimal dans le réseau primaire en cas d'arrêt de la circulation de fluide au sein des modules lors des périodes de non-demande.

Note : Les longueurs comprises entre la boucle primaire et les modules d'alimentation font partie intégrante de la boucle primaire.

16.9.2 CONFIGURATION N°1 : LES MODULES EAU CHAUDE SANITAIRE SEULE

16.9.2.1 Nomenclature du modèle

Un unique modèle de module thermique d'alimentation doit être commun à chaque groupe. Un même groupe peut contenir plusieurs modules mais de même nature.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
E.T.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m²			
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$idfonction$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : 1 : ECS seule		1	3	1
	$\delta_{M_{ech,ECS_{ter}}}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS : 0 : pas de maintien en température 1 : maintien en température	-	0	1	
	id_{circ}	Mode de régulation du régulateur : 0 : Pas de circulateur, 1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle, 3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau.	-	0	3	
	a	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur ECS	1/W.K	-∞	+∞	
	b	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur ECS	1/K	-∞	+∞	
	c	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur ECS	W/K	-∞	+∞	
	$\theta_{in,prim,nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>5 0		
	$q_{maintien_{échan}}_{geur ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m³/h			

	Nb_{mod}	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-			
	$\theta_{out\_prim\_mainti\ en\_échangeur\_ECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C			
	$\epsilon_{p_{iso\_ech\_ECS}}$	Epaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m			
	$\lambda_{iso\_ech\_ECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/mK			
	U_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/mK			
	L_{ECS}	Longueur des tubes ECS dans un module	m			
	R_{module}	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'alimentation	m²K/W			
	P_{aux_fct}	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W			
	$P_{aux\_arrêt}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W			
	q_{resid}	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m³/h			
	q_{nom}	Débit nominal du réseau intergroupes	m³/h			
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau	Réel	0	1	
	$\theta_{in\_prim}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes	°C			
	$\theta_{out\_prim}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes	°C			
	$Q_{totale}(h)$	Energie requise en entrée du réseau intergroupes	Wh			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations des pompes du réseau intergroupes	Réel			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	q^{mod}_{ECS}	Débit de puisage ECS par module	m³/h			0,72
	q_{ECS}	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m³/h			
	$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W			
	θ_{2nd-e}	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C			
	$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
	$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation	W/K			
	$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K			
	$\Delta T_e(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
	$\Delta T_s(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			

$\theta_{in\_prim\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$\theta_{out\_prim\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$q_{prim\_ECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m³/h			
$Q_{prim\_ECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh			
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h			
$q_{prim\_statique\_ECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m³/h			
$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim\_statique\_ECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$Temps_{statique}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h			
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m²			0,3
$R_{éch\_ECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur	m²KW			
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m²KW			0,13
$H_{éch\_ECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K			
H_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/K			
H_{module}	Coefficient de déperditions de l'enveloppe externe du module	W/K			
S_{module}	Surface extérieure du module	m²			0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh			
$\Phi_{module\_ECS}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh			
$\Phi_{module\_statique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique	Wh			
$\theta_{moy\_ECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C			
$\theta_{amb}(h)$	Température de volume ambiant	°C			20
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
$\theta_{moy\_statique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupe sur un pas de temps	m³/h			
$\theta_{out\_prim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	°C			
$C_{auxgéné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh			
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommations des auxiliaires des générations d'un module	Wh			

	$\Phi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh			
	$\Phi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
	$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
	R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
	S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	Cp_{eau}	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m ³ /K			1,16
	ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³			1000

16.9.2.2 Description du module

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir qu'un composant du groupe (chauffage ou ECS) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis ou à la température de consigne minimale de la génération,
- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis, plus le débit requis pour couvrir les besoins d'ECS au niveau des modules d'alimentation,
- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis, y compris les débits permettant de couvrir les besoins d'ECS au niveau des modules d'alimentation.

16.9.2.3 Description mathématique

Cette partie établit pour chaque module d'alimentation Eau chaude sanitaire seule :

- Les pertes thermiques du module, c'est-à-dire l'énergie perdue dans le volume chauffé et le volume non chauffé,
- Les températures d'entrée et de sortie du module au primaire et secondaire,
- Les débits du module au primaire et au secondaire,
- Les consommations des auxiliaires,
- Les besoins en énergie thermique majorés des pertes du module.

16.9.2.3.1 Modules d'alimentation eau chaude sanitaire seule

Cette fiche algorithmique décrit le modèle des modules d'alimentation en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule. Ces modules sont reliés :

- En amont à un réseau de distribution primaire,
- En aval à un ou plusieurs systèmes d'émission internes au groupe, définis au niveau du groupe.

Les caractéristiques principales des modules d'alimentation sont :

- Ses pertes (en W/K dont une partie seulement est récupérable par l'ambiance),
- Ses régimes de fonctionnement (températures et débits),
- Ses consommations d'auxiliaires.

16.9.2.3.2 Principe et définition

Un module d'alimentation est obligatoirement relié :

- En aval, à une émission hydraulique d'un groupe,
- En amont à un réseau de distribution primaire.

16.9.2.3.3 Calculs des indicateurs du module d'alimentation

16.9.2.3.3.1 Caractérisation

Tous les modules décrits dans cette fiche algorithmique couvrent les besoins en ECS des groupes auxquels ils sont raccordés :

$$id_{fonction} = 1 \quad (2824)$$

L'échangeur ECS peut être maintenu en température ou non :

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1 \quad (2825)$$

Sinon,

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 0 \quad (2826)$$

16.9.2.3.3.2 Fonctionnement

Le module d'alimentation, en fonction de sa conception, peut fonctionner suivant deux modes :

- Soit l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire est maintenu en permanence en température. Dans ce cas, le débit minimal de maintien en température ainsi que la température en sortie de l'échangeur à charge nulle doivent être saisis par l'utilisateur,
- Soit l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire n'est pas maintenu en température en dehors des soutirages d'eau chaude sanitaire.

16.9.2.3.4 Couverture des besoins ECS

Le débit de puisage ECS est fixé par module forfaitairement à 12 l/min :

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (2827)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (2828)$$

La somme des puissances des échangeurs à plaques de chaque module fournie à l'eau sanitaire est définie de la manière suivante :

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (2829)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (2830)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (2831)$$

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_ECS} de l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire peut être calculé :

$$UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h) = a \times \left(P_{ECS}^{mod}(h) \right)^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (2832)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60
720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.

- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - $a\_def = -9,5502 \text{ E } -07$ (1/W.K)
 - $b\_def = 0,07943663$ (1/K)
 - $c\_def = -407,54714$ (W/K)

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HX_{ECS}}^{mod}(h)} \quad (2833)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (2834)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out\_prim\_ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (2835)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out\_prim\_ECS}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton :

$$\text{Initialisation : } \Delta T_s = 50 \quad (2836)$$

$$\text{Initialisation DTLM} = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX_{ECS}}^{mod}} \quad (2837)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2838)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors :

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \quad (2839)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (2840)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out\_prim\_ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (2841)$$

Dans le cas où la puissance ECS appelée est nulle, on a :

$$\theta_{out\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) - 5 \quad (2842)$$

$$\theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2843)$$

Le débit au primaire des échangeurs Eau chaude sanitaire de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim\_ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{out\_prim\_ECS}(h))} \quad (2844)$$

L'énergie à fournir au primaire de tous les modules est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim\_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim\_ECS}(h) \times (\theta_{in\_prim\_ECS}(h) - \theta_{out\_prim\_ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (2845)$$

Avec :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (2846)$$

Si $Temps_{ECS}(h) > 1$, le moteur renvoie une erreur indiquant que la période est supérieure à 1 heure.

16.9.2.3.5 Couverture des pertes statiques

Dans le cas où l'échangeur ECS du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim\_statique\_ECS}(h) = q_{maintien\_echangeur\_ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times Nb_{mod} \quad (2847)$$

La température de retour est aussi à saisir par l'utilisateur :

$$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h) = \theta_{out\_prim\_maintien\_echangeur\_ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \quad (2848)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages d'eau chaude sanitaire :

$$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_ECS}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (2849)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire est nulle car elle sera comptabilisée dans les pertes à l'arrêt du module (cf 1.1.2.3.6 Pertes thermiques) :

$$Q_{prim\_statique\_ECS}(h) = 0 \quad (2850)$$

$$Temps_{statique}(h) = 1 - Temps_{ECS}(h) \quad (2851)$$

16.9.2.3.6 Pertes thermiques

16.9.2.3.6.1 Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à $0,3\text{m}^2$:

$$S_{éch} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (2852)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($hc = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{éch\_ECS} = \frac{\epsilon p_{iso\_éch\_ECS}}{\lambda_{iso\_éch\_ECS}} \quad (2853)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (2854)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{éch\_ECS} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch\_ECS})} \quad (2855)$$

16.9.2.3.6.2 Tubes primaires usage ECS

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module côté primaire de l'échangeur Eau chaude sanitaire. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{ECS} et leur coefficient de déperdition thermique U_{ECS} (en $\text{W}/(\text{m}.\text{K})$).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{ECS}) est défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (2856)$$

16.9.2.3.6.3 Enveloppe du module d'alimentation

Le module d'alimentation est caractérisé par ses déperditions thermiques vers le volume chauffé ou non chauffé, elles-mêmes dépendantes de la présence ou non d'isolant sous le capot du module d'alimentation.

Le coefficient de déperdition du module d'alimentation (en W/K) est fonction de sa surface d'échange avec l'extérieur (S_{module}) et des caractéristiques de son isolant (R_{module}) : il est noté H_{module} .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (2857)$$

Avec :

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$. L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.
- R_{module} : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
- $S_{module} = 0,8 \text{ m}^2$ (valeur conventionnelle).

16.9.2.3.7 Pertes thermiques du module sur une heure

Les pertes thermiques du module sont définies par la somme des pertes thermiques en fonctionnement et en mode statique :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module\_ECS}(h) + \phi_{module\_statique}(h) \quad (2858)$$

16.9.2.3.7.1 Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule

Lors de puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à la température moyenne de l'eau primaire circulant dans le module :

$$\theta_{moy\_ECS}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_ECS}(h) + \theta_{out\_prim\_ECS}(h)}{2} \quad (2859)$$

Les déperditions du module lors de puisages d'eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\phi_{module\_ECS} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_seule} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times (H_{ech\_ECS} + H_{ECS})} \quad (2860)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \quad (2861)$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \quad (2862)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \quad (2863)$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (2864)$$

16.9.2.3.7.2 Pertes thermiques du module en mode statique

En dehors des puisages d'ECS, l'échangeur ECS et les tubes sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\_statique}(h) = \frac{\theta_{in\_prim\_statique}(h) + \theta_{out\_prim\_statique}(h)}{2} \quad (2865)$$

Les déperditions du module en dehors des puisages d'ECS sont donc :

- Si l'échangeur est maintenu en température :

$$\phi_{module\_statique}(h) = Nb_{mod} \times Temps_{statique} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_statique\_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times (H_{ech\_ECS} + H_{ECS})} \quad (2866)$$

- Si l'échangeur n'est pas maintenu en température :

$$\phi_{module\_statique}(h) = 0 \quad (2867)$$

16.9.2.3.8 Calcul des besoins en énergie sur une heure

Les besoins en énergie à couvrir, par le module, augmentés des pertes sont évalués par la formule suivante :

$$Q_{totale}(h) = \theta_{prim\_ECS}(h) + Q_{prim\_CH}(h) + Q_{prim\_statique\_ECS}(h) + \phi_{module}(h) \quad (2868)$$

Cette énergie est à fournir par le réseau primaire au groupe.

16.9.2.3.9 Débit d'irrigation moyen sur une heure

Le débit moyen entrant dans le module sur un pas de temps d'une heure est défini par la formule suivante :

$$q_{moyen}(h) = MAX(q_{prim\_ECS}(h) \times Temps_{ECS\_seule} + q_{prim\_statique\_ECS}(h) \times Temps_{statique}; q_{resid}) \quad (2869)$$

16.9.2.3.10 Calcul de la temperature de retour moyenne sur une heure

La température de retour moyenne sortant du module équivalent sur un pas de temps d'une heure est définie par la formule suivante :

$$\theta_{out\_prim}(h) = \frac{q_{prim\_ECS} \times \theta_{out\_prim\_ECS} + q_{prim\_statique\_ECS} \times \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}}{q_{prim\_ECS} + q_{prim\_statique\_ECS}} \quad (2870)$$

16.9.2.3.11 Auxiliaires de génération

Les circulateurs inclus dans les modules d'alimentation seront à saisir dans le groupe.

Les auxiliaires de génération de type cartes électroniques seront à renseigner par l'utilisateur. On distinguera les consommations à l'arrêt des consommations en fonctionnement.

Les consommations de ces auxiliaires sont données sur chaque pas de temps par la formule suivante :

$$C_{aux\_géné}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux\_géné}^{mod}(h) \quad (2871)$$

Avec :

$$C_{aux\_géné}^{mod}(h) = P_{aux\_fct} \times Temps_{ECS\_seule}(h) + P_{aux\_arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (2872)$$

16.9.2.3.12 Pertes transmises à l'ambiance

On suppose conventionnellement que si les modules sont hors volume chauffé alors aucune part d'énergie perdue par les modules n'est récupérable.

Si les modules sont en volume chauffé, alors on considère que 50% des pertes sont récupérables :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (2873)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}^{mod}(h) + C_{aux\_géné}^{mod}(h)) \quad (2874)$$

16.9.2.3.13 Mode de gestion du réseau et des circulateurs de distribution intergroupe mixte

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) = 1 \quad (2875)$$

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable, avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

- Si $id_{circ} = 0$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (2876)$$

- Si $id_{circ} = 1$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (2877)$$

- Si $id_{circ} = 2$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2878)$$

- Si $id_{circ} = 3$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2879)$$

16.9.3 CIRCUIT PRIMAIRE

16.9.3.1 Nomenclature du modèle

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
T_{Li}	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion	Réel			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations de circulateur issu de la fiche gestion/régulation	Réel			
	$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupe ECS	°C			
	$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupe ECS	°C			
	$Q_{sys\_ds\_req}$	Energie en chaud totale requise en entrée du réseau intergroupe mixte	Wh			
	$q_{moyen}(h)$	Débit moyen d'irrigation des MTA sur une heure	m3/h			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv

	L_{vc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{vc\_gaines\_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{hvc\_gaines\_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	Θ_{vc}	Température ambiante équivalente en volume chauffé lorsque le réseau intergroupe est sollicité	W/mK	0	$+\infty$	-
Paramètres intrinsèques du module						
	P_{aux}	Puissance du circulateur du réseau intergroupe ECS	W	0	$+\infty$	-
	P_{circ_vc}	Part des consommations d'auxiliaires transmise au volume chauffé sous forme de chaleur	Réel	0	1	-
	U_{moy_vc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	U_{moy_hvc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_vc\_gain\_s\_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy\_hvc\_gain\_es\_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$\phi_{pertes\_vc\_gain\_es\_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA en volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
	$\phi_{pertes\_hvc\_gain\_es\_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA hors volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{moy}(h)$	Température moyenne dans le réseau intergroupe, qui va permettre de déterminer le comportement du générateur	°C			
	$Q_{sys}(h)$	Besoin en énergie augmenté des pertes thermiques du réseau intergroupes	Wh			
	$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution intergroupe au pas de temps h	Wh			
	$\phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h.	Wh			
	$\phi_{pertes\_vc}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Variables internes						

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
	$\Phi_{pertes\_hvc}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	θ_{vc}	Température de volume chauffé	°C			20

16.9.3.2 Description du module

La présente fiche décrit les processus ayant lieu au niveau d'un composant distribution intergroupes mixte, défini au niveau d'une génération.

Un réseau de distribution intergroupe correspond au premier niveau d'arborescence d'un réseau de distribution, en partant du générateur. Un composant « distribution intergroupes » doit obligatoirement être relié à une et une seule génération, et à au moins un réseau de distribution secondaire.

Plusieurs réseaux de distribution secondaires peuvent être connectés à un même réseau de distribution intergroupe.

16.9.3.3 Description mathématique

16.9.3.3.1 Calcul des pertes du réseau de distribution intergroupes

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (2880)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc} \quad (2881)$$

$$\theta_{vc} = 20 \text{ °C} \quad (2882)$$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes\_vc}(h) = & Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen\_vc} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \\ & + \phi_{pertes\_vc\_gain\_MTA}(h) \end{aligned} \quad (2883)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes\_vc\_gain\_MTA}(h) \\ = & U_{moyen\_vc\_gain\_MTA} \times L_{vc\_gain\_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \end{aligned} \quad (2884)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes\_vc\_gain\_MTA}(h) = 0 \quad (2885)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}(h) = 0 \quad (2886)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h) \\ = U_{moyen\_hvc\_gaines\_MTA} \times L_{hvc\_gaines\_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) \\ - \theta_{hvc}(h)) \end{aligned} \quad (2887)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h) = 0 \quad (2888)$$

16.9.3.3.2 Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau secondaire dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau secondaire.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \times P_{aux}(.1h) \quad (2889)$$

Conventionnellement, on considère que $P_{circ\_vc} = 0\%$: l'énergie consommée par les circulateurs du réseau intergroupes n'est pas transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\phi_{aux\_vc}(h) = P_{circ\_vc} \times W_{aux}(h) (W) \quad (2890)$$

16.9.3.3.3 Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie est finalement la suivante :

$$Q_{sys\_ch}(h) = Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) + \phi_{pertes\_vc}(h) + \phi_{pertes\_hvc}(h) \quad (2891)$$

16.9.3.3.4 Affectation des besoins

Dans le cas où il y a des besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode chauffage des générations du moteur de calcul.

Dans le cas où il n'y a pas de besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode ECS des générations du moteur de calcul.

16.10 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_heliopac

16.10.1 INTRODUCTION

Les systèmes Heliopacsystem®, Heliopacsystem+® et Geopacsystem® sont des systèmes thermodynamiques à compression électrique eau glycolée/eau ou eau tempérée/eau permettant d'assurer de manière centralisée l'une des fonctions suivantes :

- le préchauffage de l'ECS,
- la fonction double service avec « stratification dynamique »,
- le chauffage seul,
- la production d'ECS avec « stratification dynamique »

Heliopacsystem® repose sur l'association entre une PAC Eau glycolée/Eau et un champ de capteurs solaires tubulaires non vitrés dans lequel circule l'eau glycolée.

Heliopacsystem+® correspond à une variante du système Heliopacsystem®. Son principe de fonctionnement est identique, la seule différence entre ces deux solutions se situe au niveau du champ de capteurs solaires qui est composé de panneaux non vitrés photovoltaïques et thermiques (PVT) au lieu des capteurs solaires tubulaires non vitrés, uniquement thermiques.

Geopacsystem® repose sur le même principe de fonctionnement qu'Heliopacsystem®. Ces systèmes se différencient au niveau de la source amont qui peut être de l'eau issue d'une nappe, d'un forage géothermique, de l'eau glycolée circulant dans des capteurs géothermiques verticaux ou horizontaux ou encore toute autre source d'eau tempérée.

Fonction préchauffage de l'ECS:

Dans cette configuration, le générateur est associé en tant que base à un élément de stockage avec appoint intégré ou séparé. Il assure uniquement le préchauffage de l'ECS, c'est-à-dire une montée en température inférieure à 55°C. La consigne de température peut être soit fixe, soit dynamique (en fonction de la période de l'année).

Fonction double service :

En fonctionnement double service, la PAC Eau/Eau est associée à un élément de stockage dont elle assure soit uniquement le préchauffage de l'ECS, soit la montée complète en température de l'ECS au niveau requis (55°C). Pour assurer la fonction chauffage, la PAC Eau/Eau est raccordée au circuit dédié en amont du générateur d'appoint.

Fonction chauffage seul :

Dans le cas où la PAC Eau/Eau assure uniquement la fonction chauffage, elle est raccordée au circuit de distribution en amont du générateur d'appoint - composant propre « Heliopacsystem®SS ».

Fonction production d'ECS avec « stratification dynamique » :

Le volume de stockage permet une séparation en deux zones distinctes de manière à assurer le principe de « stratification dynamique » en deux zones dites de « Stock » et « Stratégique », nécessaire au fonctionnement optimal du système : le système thermodynamique doit pouvoir alimenter chacune de ces zones. Le ou les ballons composant le stockage doivent être assemblés, connectés et régulés selon les modalités définies au niveau du présent arrêté. Dans le cas où il y a un seul ballon composant le stockage, il doit y avoir quatre piquages :

deux pour l'alimentation de la partie stratégique (délimitant la zone « Stratégique »), et deux permettant l'alimentation de la partie stock (délimitant la zone de « Stock »).

Un appoint est systématiquement associé au système et permet d'assurer la production de l'ECS pour les cas de températures amont extrêmes où la pompe à chaleur ne peut pas fonctionner. Cet appoint doit être positionné au niveau du premier tiers supérieur de la zone « Stratégique » (faux=0,33).

16.10.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiment soumis à la réglementation environnementale 2020.

16.10.3 METHODE DE PRISE EN COMPTE

Fonction préchauffage de l'ECS et double service:

Suivant le dimensionnement du système, le composant « Heliopacsystem®DS » peut être intégré en tant que base au sein d'un des assemblages suivants :

- « Assemblage ballon base avec échangeur et appoint intégré »
- « Assemblage ballon base avec échangeur et avec appoint ballon séparé »,
- « Assemblage ballon base plus appoint séparé instantané »,

Fonction chauffage seul:

Le composant propre « Heliopacsystem®SS_CH » est utilisé

Fonction production d'ECS avec « stratification dynamique »

L'algorithme de calcul se compose d'un assemblage « Production stockage » gérant l'appel des procédures intégrées aux 3 différents modules dénommés :

- « Ballons stockage »,
- « Boucle solaire »,
- « PAC »

Les étapes de calcul de cet assemblage s'appuient sur celles mises en œuvre dans la méthode de calcul Th-BCE pour la modélisation d'une production d'ECS avec stockage de type « Ballon base échangeur avec appoint séparé dans ballon ».

Elles ont été adaptées de manière à prendre en compte les spécificités liées au principe de fonctionnement par « stratification dynamique » :

- Le générateur thermodynamique assure la charge du ou des ballons de stockage, « Stock » et « Stratégique », avec priorité à la charge du ballon « Stratégique ».

- L'appoint assure uniquement la charge du dernier tiers du ballon « Stratégique ». La modélisation des systèmes Heliopacsystem® ou Geopacsystem® se distingue au niveau des étapes 4 à 6 (dénommées G4 à G6 pour Geopacsystem®). Les autres séquences de calcul sont par ailleurs strictement identiques.

16.10.3.1 Nomenclatures du modèle

16.10.3.1.1 Module boucle solaire

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$T_{\text{sortie\_PAC}}(h-1)$	Température en sortie de PAC au pas de temps précédent	°C			
$T_{\text{charge\_PAC}}(h-1)$	Taux de charge total de la PAC au pas de temps précédent	Réel			
$H_s(h)$	Gamma : hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon	°	-90	90	
$A_s(h)$	Azimut du soleil	°	-180	180	
$I_{sr}^*(h)$	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m²			
$V_{\text{vent}}(h)$	Vitesse du vent	m/s			
$T_e(h)$	Température extérieure d'air sec	°C			
$T_{\text{ciel}}(h)$	Température du ciel	°C			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Alpha	Orientation des capteurs solaires sous forme d'angle (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	°	0	360	
Beta	Inclinaison des capteurs solaires (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°	0	90	
S_{capteur}	Superficie totale de capteurs solaires (superficie d'entrée)	m²	0	+∞	
$Rat_{\text{capt\_masq}}$	Pourcentage de la surface totale de capteurs masquée en permanence (ex : capteurs Solerpool superposés)	%	0	100	
U_e	Coefficient de pertes thermiques de la tuyauterie vers l'extérieur	W/K	0	+∞	
K_0	Facteur d'angle d'incidence	-	0	1	
η_0	Rendement optique du capteur	-	0	2	
b_u	Coefficient de dépendance au vent du rendement optique	s/m	0	+∞	
b_1	Coefficient de pertes du premier ordre du capteur	W/(m².K)	0	+∞	

b_2	Coefficient de dépendance au vent du coefficient de pertes	$W.s/(m^3.K)$	0	$+\infty$
P_{circ_prim}	Puissance du circulateur de la boucle solaire (entre PAC et capteurs)	W	0	$+\infty$
Sorties				
Nom	Description	Unité		
$T_{sortie\_boucle\_sol}(h)$	Température en sortie de boucle solaire	°C		
Variables internes				
Nom	Description	Unité		
$Q_{er}^*(h)$	Densité de flux de chaleur des capteurs vers la voûte céleste	W/m²	-	
Dv_{boucle_sol}	Débit volumique d'eau glycolée circulant au niveau de la boucle solaire	L/h	0	$+\infty$
$T_{entree\_capteur}(h)$	Température en entrée des capteurs	°C	-	
$T_{sortie\_capteur}(h)$	Température en sortie des capteurs	°C	-	
$T_{sortie\_boucle\_sol}(h)$	Température en sortie de boucle solaire	°C	-	
Constantes				
Nom	Description	Unité	Conv.	
ρ_{wg}	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/L	1,040	
c_{wg}	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	Wh/(kg.K)	1,042	
h_{re}	Coefficient d'échange radiatif entre les capteurs et le ciel	W/m².K	5,5	

Tableau 381 : Nomenclature des différentes variables du module Boucle solaire

16.10.3.1.2 Module PAC

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de pompe à chaleur HELIOPAC en mode double service. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
—	$h_{\text{leg}}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h
ζ	$\theta_{\text{amont}}(h)$	Température de la source amont	°C
Génération	$\theta_{\text{aval,ecs}}(h)$	Températures de la source aval pour chaque poste	°C
	$Q_{\text{req}}(h)$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W

$Q_{req\_strat\_PAC}(h)$	Energie requise à fournir par la PAC au ballon stratégique	Wh
$Q_{req\_stock\_PAC}(h)$	Energie requise à fournir par la PAC au ballon stock	Wh
$R_{puis\_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$i_{ECS\_seule}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Statut_Donnee	O ;Certifié 1 : Justifié 2 : Déclaré 3 :Par défaut	Ent	0	3	
COP_pivot	Valeur pivot du COP à +10/45°C	-	0	+∞	
Pabs_pivot	Valeur pivot de la puissance électrique absorbée à +10/45°C	kW	0	+∞	
COP_10_65	Valeur du COP à +10/65°C	{-}	0	+∞	
Pabs_10_65	Valeur de la puissance électrique absorbée à +10/65°C	kW	0	+∞	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
P_{circu_second}	Puissance du circulateur pour le circuit secondaire (entre PAC et ballons)	W	0	+∞	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Typo_emetteur_ECS	Inertie du système d'émission principal utilisé avec le générateur thermodynamique en mode chauffage et/ou refroidissement 1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti, 2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie moyenne, 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère: systèmes à air.	Ent	1	4	
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Q_{fou\_PAC\_strat}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh			
$Q_{cons\_PAC\_strat}(h)$	Consommation horaire de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh			
$T_{charge\_PAC\_strat}(h)$	Taux de charge de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Réel			

$W_{aux\_pro\_PAC\_strat}(h)$	Consommation des auxiliaires pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$\Phi_{sout\_PAC\_strat}(h)$	Énergie soutirée à la source amont pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$Q_{fou\_PAC\_stock}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh
$Q_{cons\_PAC\_stock}(h)$	Consommation horaire de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$T_{charge\_PAC\_stock}(h)$	Taux de charge de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Réel
$W_{aux\_pro\_PAC\_stock}(h)$	Consommation des auxiliaires pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$\Phi_{sout\_PAC\_stock}(h)$	Énergie soutirée à la source amont pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$T_{charge\_PAC}(h)$	Taux de charge total de la PAC	Réel
$T_{charge\_PAC}(h-1)$	Taux de charge total de la PAC au pas de temps précédent	Réel
$T_{sortie\_PAC}(h)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur)	°C
$T_{sortie\_PAC}(h-1)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur) au pas de temps précédent	°C
$Q_{fou\_PAC\_strat}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
$ValCOP\_10\_55$	Valeur du COP à +10/55°C interpolée entre la valeur pivot et la valeur à +10/65°C	-
$ValPabs\_10\_55$	Valeur de la puissance absorbée à +10/55°C interpolée entre la valeur pivot et la valeur à +10/65°C	kW
$ValCOP(\theta_{amont} ; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation du COP au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	- 1
$ValPabs(\theta_{amont} ; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	- 1
$P_{aux}(h)$	Puissance des auxiliaires	Wh

$Fonc\_compr$	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent.

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP ou EER propre à chaque technologie et à chaque mode		3,4
$Rat_{basc,fr-ECS}$	Délai de basculement entre la fonction ECS et refroidissement	h	0,25

Tableau 382 : Nomenclature des différentes variables du module Pompe à chaleur Simple service ECS

16.10.3.1.3 Module « production stockage » avec stratification dynamique Heliopac

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de ballons de stockage à stratification dynamique. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Q_{fou\_PAC\_strat}(h)$	Énergie fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh	-	-	-
$Q_{fou\_PAC\_stock}(h)$	Énergie fournie par la PAC au ballon « stock »	Wh	-	-	-
$Q_{fou\_app\_strat}(h)$	Énergie fournie par le générateur d'appoint au ballon « stratégique »	Wh	-	-	-
$Q_{req-ecs}(h)$	Demande en énergie en ECS	Wh	-	-	-
$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C			
$Teau(h)$	Température d'eau froide du réseau	°C			
$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C			
$Tecs\_max^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération	°C			

Paramètres du module¹⁵

¹⁵ Rentrés par l'utilisateur

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Type_système	Type de système associé au stockage 0 : Heliopacsystème 1 : Geopacsystème	Ent	0	1	-
Name	Nom du composant				
Index	Identifiant unique d'un composant				
V _{tot_strat}	Volume total du ballon « stratégique »	L	0	+∞	-
Statut_UA_strat	Statut de la valeur UA du ballon « stratégique » : 0 : Certifiée 1 : Justifiée	Ent.	0	1	-
V _{tot_stock}	Volume total du ballon « stock »	L	0	+∞	-
Statut_UA_stock	Statut de la valeur UA du ballon « stock » : 0 : Certifiée 1 : Justifiée	Ent.	0	1	-
UA_stock	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stock »	W/K	0	+∞	-
UA_strat	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stratégique »	W/K	0	+∞	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Q _{w_sto_unit_report} (h)	Besoin d'énergie non couvert en sortie du ballon « stratégique », reportée au pas de temps suivant	Wh	0	+∞	-
Q _{req_strat_PAC} (h)	Énergie requise à fournir au ballon « stratégique » par la PAC	Wh	0	+∞	-
Q _{req_stock_PAC} (h)	Énergie requise à fournir au ballon « stock » par la PAC	Wh	0	+∞	-
Q _{req_stock_app} (h)	Énergie requise à fournir au ballon « stratégique » par le générateur d'appoint	Wh	0	+∞	-
Q _{fou} (h)	Energie total effectivement fournie par les générateurs de base et d'appoint	Wh	0	+∞	
Q _{cons} (h)	Consommation horaire en énergie finale	Wh	0	+∞	
Q _{rest} (h)	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	+∞	
Q _{cef(fonct ; en)} (h)	Consommation en énergie finale de l'assemblage, présenté sous forme de matrice	Wh	0	+∞	
T _{charge} (h)	Taux de charge de la PAC	Réel	0	1	
θ _{aval,app} (h)	Température aval du générateur d'appoint	°C			
T _{z_strat} (h)	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps courant	C°	-		-

$T_{z\_strat}(i)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » lors de l'itération i	C°	-	-	-
$T_{z\_stock}(h)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps courant	C°	-	-	-
$T_{z\_stock}(i)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » lors de l'itération i	C°	-	-	-
$Pe_{strat}(h)$	Pertes thermiques totales du ballon « stratégique »	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{stock}(h)$	Pertes thermiques totales du ballon « stock »	Wh	0	$+\infty$	-
$W_{aux\_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	-
$Q_{pr\_elec}(h)$	Production électrique de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	-
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement de l'assemblage en ECS	Réel	0	1	-

Variables internes¹⁶

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Id_{fou-sto}$	Fonction de l'élément de stockage compris dans la génération 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	0	5	3
$Id_{En\_Gen\_PAC}$	Type d'énergie qu'utilise la PAC 50 : Electricité	Ent	10	69	50
$Id_{En\_Gen\_app}$	Type d'énergie qu'utilise le générateur d'appoint	Ent	10	69	-
$Id_{fou\_Gen\_app}$	Fonction de l'appoint compris dans la génération 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	3	4	-
UA_strat_utile	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stratégique » corrigé suivant son statut	W/K	0	$+\infty$	-
UA_stock_utile	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stock » corrigé suivant son statut	W/K	0	$+\infty$	-
Nb_{iter}	Nombre maximum d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé V_p	Ent.	-	-	-
i	Numéro de l'itération en cours	Ent.	-	-	-
$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Besoin d'énergie non couvert en sortie du ballon « stratégique », reportée à l'itération i suivante	Wh	0	$+\infty$	-
$Nbh_{report}(h)$	Nombre d'heure où le besoin n'a pas été couvert en sortie du ballon « stratégique », message d'alerte si >24h	H	0	24	-
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Besoins d'énergie requis en sortie du ballon stratégique lors de l'itération i	Wh	0	$+\infty$	-

¹⁶ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

z	Numéro de la zone du ballon « stratégique » ou « stock »	Ent.	1	4	-
V_{z_strat}	Volume de chaque zone "z" du ballon « stratégique »	L	0	$+\infty$	-
V_{z_stock}	Volume de chaque zone "z" du ballon « stock »	L	0	$+\infty$	-
V_{z_min}	Volume de la zone la plus petite des ballons de stockage «stratégique » et « stock »	L	0	$+\infty$	-
$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps courant	L	0	$+\infty$	-
$V_p(i)$	Volume puisé lors de l'itération i	L	0	V_{z_min}	-
$T_{z\_strat}(h-1)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps précédent	C°	-	-	-
$T_{z\_strat}(h-2)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps h-2	C°	-	-	-
$T_{z\_stock}(h-1)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps précédent	C°	-	-	-
$T_{z\_stock}(h-2)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps h-2	C°	-	-	-
$Pe_{z\_strat}(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stratégique »	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{z\_strat}(h-1)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stratégique » au pas de temps précédent	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{z\_stock}(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stock »	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{z\_stock}(h-1)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stock » au pas de temps précédent	Wh	0	$+\infty$	-
T_{entree_PAC}	Température en entrée de la PAC	°C			
$P_{max\_app}(h)$	Puissance maximale du générateur d'appoint	W	0	$+\infty$	
$P_{max\_Geopac}(h)$	Puissance maximale de la Geopac	W	0	$+\infty$	
$P_{aux\_Geopac}(h)$	Puissance des auxiliaires de la PAC pour Type_systeme = 1	W	0	$+\infty$	
$W_{aux\_pro\_appt}(h)$	Consommation des auxiliaires du générateur d'appoint	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{cons\_app\_strat}(h)$	Consommation horaire de l'appoint pour fournir l'énergie requise par le ballon « stratégique »	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{pr\_elec\_app}(h)$	Production électrique du générateur d'appoint	Wh	0	$+\infty$	
UA_{hx}	Coefficient d'échange de l'échangeur situé entre le ballon « stratégique » et le générateur d'appoint	W/K	0	$+\infty$	
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques transmises vers l'ambiance	Wh	0	$+\infty$	
C_{cor}	Coefficient de correction prenant en compte les puissances disponibles et requises pour l'approvisionnement du ballon « stock »	Réel	0	1	-
Id_{fluide_aval}	Identificateur du fluide aval : 1 :Eau	Ent	1	2	1

$Id_{priorite\_ecs}$	Indice de priorité de l'assemblage pour la production d'ECS	Ent	1	$+\infty$	1

Constantes¹⁷

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
f_{aux}	Fraction effective concernée par l'appoint du ballon « stratégique » (avec appoint en zone n°3)	-	[0 ; 1]	0,33
ΔT_{hyst}	Hystérésis des thermostats des ballons	°C	-	5
T_{cons_ball}	Température de consigne des ballons « stratégique » et « stock »	°C	-	55
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

Tableau 383 : Nomenclature du modèle

16.10.3.2 Fonction Préchauffage de l'ECS et double service**16.10.3.2.1 Module boucle solaire**

Le débit d'eau glycolée Dv_{boucle_sol} (L/h) circulant au niveau de la boucle solaire dépend du nombre de Solerpac associé au stockage ($Rdim$) :

$$Dv_{boucle\_sol} = (Rdim + 1) * 1000 \quad (2892)$$

La température en sortie de PAC à h-1 pour le premier pas de temps est considérée égale à la température extérieure au premier pas de temps :

$$T_{sortie\_pac}(0) = T_e(0) \quad (2893)$$

La modélisation du fonctionnement passe par trois étapes :

- 5) Le calcul de la température du fluide amont du générateur par la boucle solaire
- 6) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources
- 7) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

Calcul de la température du fluide amont

La température en entrée de boucle solaire est calculée à partir de la température en sortie de PAC au pas de temps précédent. La moitié des pertes thermiques de la tuyauterie vers l'extérieur est retranchée. L'équation suivante traduit cette modalité de calcul:

$$T_{entree\_capteur}(h) = T_{sortie\_pac}(h-1) - \left(Ue * \frac{T_{sortie\_pac}(h-1) - T_e(h)}{2 * Dv_{boucle\_sol} * \rho_w * c_w} \right) \quad (2894)$$

La prise en compte du rayonnement du capteur vers la voûte céleste (Q_{er}^*) s'effectue de la manière suivante. La condition $H_s > 0,01^\circ$ permet de distinguer la période diurne de la période nocturne. Dans le premier cas, Q_{er}^* est considéré nul, dans le second cas l'équation utilisée pour son calcul est issue de la méthode Th-BCE.

¹⁷ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

Si $H_s > 0,01$

$$Q_{er} = 0 \quad (2895)$$

Sinon

$$Q_{er} = h_{re} * (T_{ciel(h)} - T_e(h)) * MAX(0; \cos(\beta)) \quad (2896)$$

La température en sortie de capteur est déterminée à partir de l'équation ci-dessous. Cette équation est issue du bilan énergétique entre l'entrée et la sortie du système de captage et de la formulation en fonction des paramètres mesurés η_0 , K_θ , b_1 , b_2 , et bu décrite au niveau de la norme EN 12975.

$$T_{sortie_{capteur}}(h) = (S_{capteur} * \left(1 - \frac{Rat_{capt_{masq}}}{100}\right) * [Q_{er} + I_{sr} * \eta_0 * K_\theta * (1 - bu * V_{vent})] + S_{capteur} * (b_1 + b_2 * V_{vent}) * \left(T_e(h) - \frac{T_{entree_{capteur}}(h)}{2}\right) + Dv_{boucle_{sol}} * \rho_{wg} * c_{wg} * T_{entree_{capteur}}) / (Dv_{boucle_{sol}} * \rho_{wg} * c_{wg} + \frac{1}{2} * S_{capteur} * (b_1 + b_2 * V_{vent})) \quad (1)$$

Le facteur multiplicatif appliqué au terme de l'équation lié à l'énergie radiative permet la prise en compte du cas de capteurs Solerpool® superposés où une partie de la surface est alors masquée en permanence. Le paramètre $Rat_{capt_{masq}}$ traduit le pourcentage de la surface totale masquée, cette donnée est renseignée par l'utilisateur.

La température d'eau glycolée en sortie de boucle solaire est ensuite déterminée en appliquant la seconde moitié des pertes de la tuyauterie vers l'extérieur

$$T_{sortie_{boucle}}(h) = T_{sortie_{capteur}}(h) - \left(U_e * \frac{T_{sortie_{pac(h-1)}} - T_e(h)}{2 * Dv_{boucle_{sol}} * \rho_{wg} * c_{wg}}\right) \quad (2897)$$

Cette température correspond à la température en entrée de PAC (T_{entree_PAC}) au pas de temps courant.

16.10.3.2.2 Module PAC

16.10.3.2.2.1 Statut des performances

Le statut des performances (COP_pivot et COP_10_65) peut correspondre à l'un des quatre cas suivants :

- Certifié : les valeurs de COP saisies sont certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511.

- Justifié : les valeurs de COP saisies sont justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : les valeurs de calcul sont égales à 0.9 x valeur saisie.

- Déclaré : la valeur du COP pivot utilisée dans le calcul est égale à MIN[0,8 x valeur saisie ; COP_util_max].

- Par défaut : la valeur du COP pivot utilisée dans le calcul est égale à 0,8 x COP_util_max.

16.10.3.2.2.2 Matrice de performance

1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice de performance se compose des points suivants :

		Matrice de performance				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5	Multiplication par $C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$		$\text{COP}_{\text{pivot}} \times C_{\text{nnav\_COP}}(X; 45)$	Multiplication par $C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	$\text{COP}_{\text{pivot}} \times C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$		$\text{COP}_{\text{pivot}}$ (Saisie)	$\text{COP}_{\text{pivot}} \times C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$	
	55	$\text{COP}_{10\_55} \times C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$		COP_{10_55} (Interpolée)	$\text{COP}_{10\_55} \times C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$	
	65	$\text{COP}_{10\_65} \times C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$		COP_{10_65} (Saisie)	$\text{COP}_{10\_65} \times C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5)$	

La valeur du COP à +10/55 (Val_COP_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45) et de la valeur +10/65°C.

$$\text{COP}_{10\_55} = 55 * \frac{\text{COP}_{10\_65} - \text{COP}_{\text{pivot}}}{65 - 45} - \frac{\text{COP}_{10\_65} * 45 - \text{COP}_{\text{pivot}} * 65}{65 - 45} \quad (2898)$$

Par défaut, la méthode Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Le coefficient de correction à une température amont X°C est donc calculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nnam\_COP}}(X; 8,5) = 1 + 0,02 * (X - 8,5) \quad (2899)$$

De même pour la variation du COP en fonction de la température aval :

$$C_{\text{nnav\_COP}}(X; 8,5) = 1 + 0,02 * (45 - X) \quad (2900)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice de performance				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			0,8		
	65			0,6		

16.10.3.2.2.3 Matrice des puissances absorbées

1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice des puissances absorbées se compose des points suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	5	Multiplication par $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$		Pabs_pivot x $C_{\text{nav\_Pabs}}(X; 45)$	Multiplication par $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	Pabs_pivot x $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$		Pabs_pivot (Saisie)	Pabs_pivot x $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$	
	55	Pabs_10_55 x $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$		Pabs_10_55 (Interpolée)	Pabs_10_55 x $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$	
	65	Pabs_10_65 x $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$		Pabs_10_65 (Saisie)	Pabs_10_65 x $C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5)$	

La valeur de la puissance absorbée à +10/55°C (Val_Pabs_10_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45°C) et de la valeur à +10/65°C :

$$P_{\text{abs\_10\_55}} = 55 * \frac{P_{\text{abs\_10\_65}} - P_{\text{abs\_pivot}}}{65 - 45} - \frac{P_{\text{abs\_10\_65}} * 45 - P_{\text{abs\_pivot}}}{65 - 45} \quad (2901)$$

Par défaut, la méthode Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Le coefficient de correction à une température amont X°C est donc calculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nnam\_Pabs}}(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (X - 8,5) \quad (2902)$$

De même pour la variation du COP en fonction de la température aval :

$$C_{\text{nav\_Pabs}}(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (45 - X) \quad (2903)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			0,9		
	65			0,8		

La température de consigne de chauffe de l'ECS, notée Tcons, est variable en fonction du mois de l'année (IMOIS). Le tableau ci-après donne la valeur utilisée dans le calcul :

IMOIS	Tcons (°C)
1 (Janvier)	Tcons_hiver
2 (Février)	Tcons_hiver
3 (Mars)	Tcons_hiver
4 (Avril)	Tcons_hiver
5 (Mai)	Tcons_ete
6 (Juin)	Tcons_ete
7 (Juillet)	Tcons_ete
8 (Août)	Tcons_ete
9 (Septembre)	Tcons_ete
10 (Octobre)	Tcons_hiver
11 (Novembre)	Tcons_hiver
12 (Décembre)	Tcons_hiver

Tcons_hiver et Tcons_ete sont des paramètres saisis par l'utilisateur.

16.10.3.2.2.4 Puissances des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, Paux (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, Taux :

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{abs\_pivot}} * T_{\text{aux}} \quad (2904)$$

Le statut de la valeur de Taux (Statut_Taux) peut correspondre aux trois cas suivants :

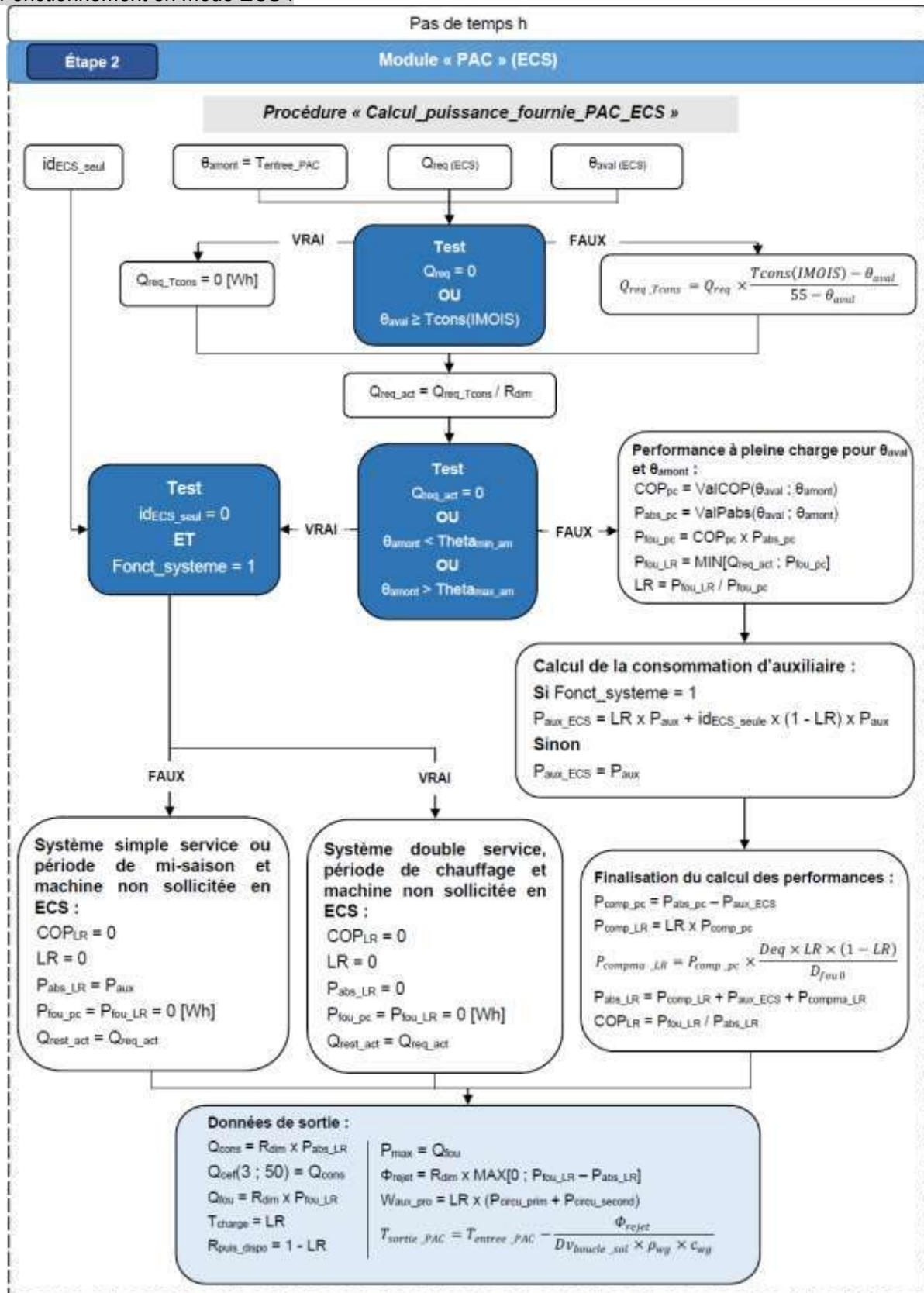
1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,

2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,

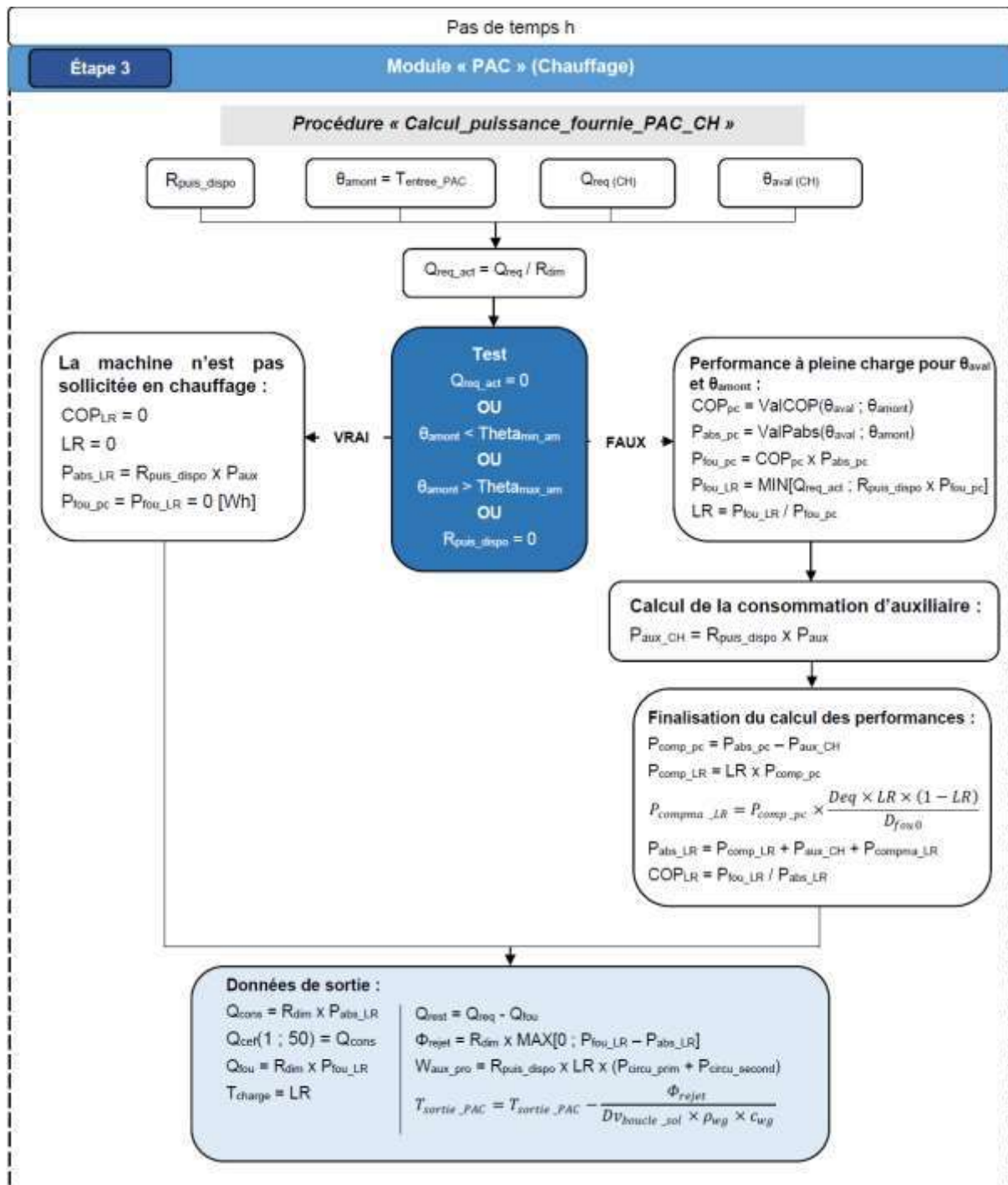
3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

16.10.3.2.3 Algorithme de prise en compte au pas de temps horaire

Fonctionnement en mode ECS :



Fonctionnement en mode chauffage (si $Fonct\_systeme = 1$)



16.10.3.3 *Fonction Chauffage seul*

16.10.3.3.1 Module boucle solaire

Cf. 16.10.3.2.1

16.10.3.3.2 Module PAC

16.10.3.3.2.1 *Matrice d'interpolation*

La matrice servant à interpoler le COP et la puissance absorbée Pabs est la suivante.

		Matrice des puissances absorbées				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	25					
	35			Pivot		
	45					
	55					
	65					

16.10.3.3.2.2 *Matrice de performance COP*

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,

- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à MIN(0,8 x Valeur déclarée, Val_util_max),

- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à 0,8 x Val_util_max

Val_util_max est définie égale à 4,7.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,

- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam\_COP}(X; 8,5) = 1 + 0,02 * (X - 8,5) \quad (2905)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance COP					
		Tretour	-5	0	10	20	50
		Tdepart	-8	-3	7	17	47
		Thmont (°C)	-8,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
		Priorité	5	3	1	2	4
Thref (°C)	23,5 (25/22)	4					
	32,5 (35/30)	1	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	42,5 (45/40)	2					
	51 (55/47)	3					
	60 (65/55)	5					

16.10.3.3.2.3 Matrice des puissances absorbées

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,

- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,

- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation de la puissance absorbée de 1% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam\_Pabs}(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (X - 8,5) \quad (2906)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice des puissances absorbées					
			Tretour	-5	0	10	20	50
			Tdépart	-8	-3	7	17	47
			Temont (°C)	-8,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
			Priorité	5	3	1	2	4
Temont (°C)	23,5 (25/22)	4						
	32,5 (35/30)	1	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40	
	42,5 (45/40)	2						
	51 (55/47)	3						
	60 (65/55)	5						

16.10.3.3.2.4 Puissances des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, Paux (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, Taux :

$$P_{aux} = P_{abs\_pivot} * T_{aux} \quad (2907)$$

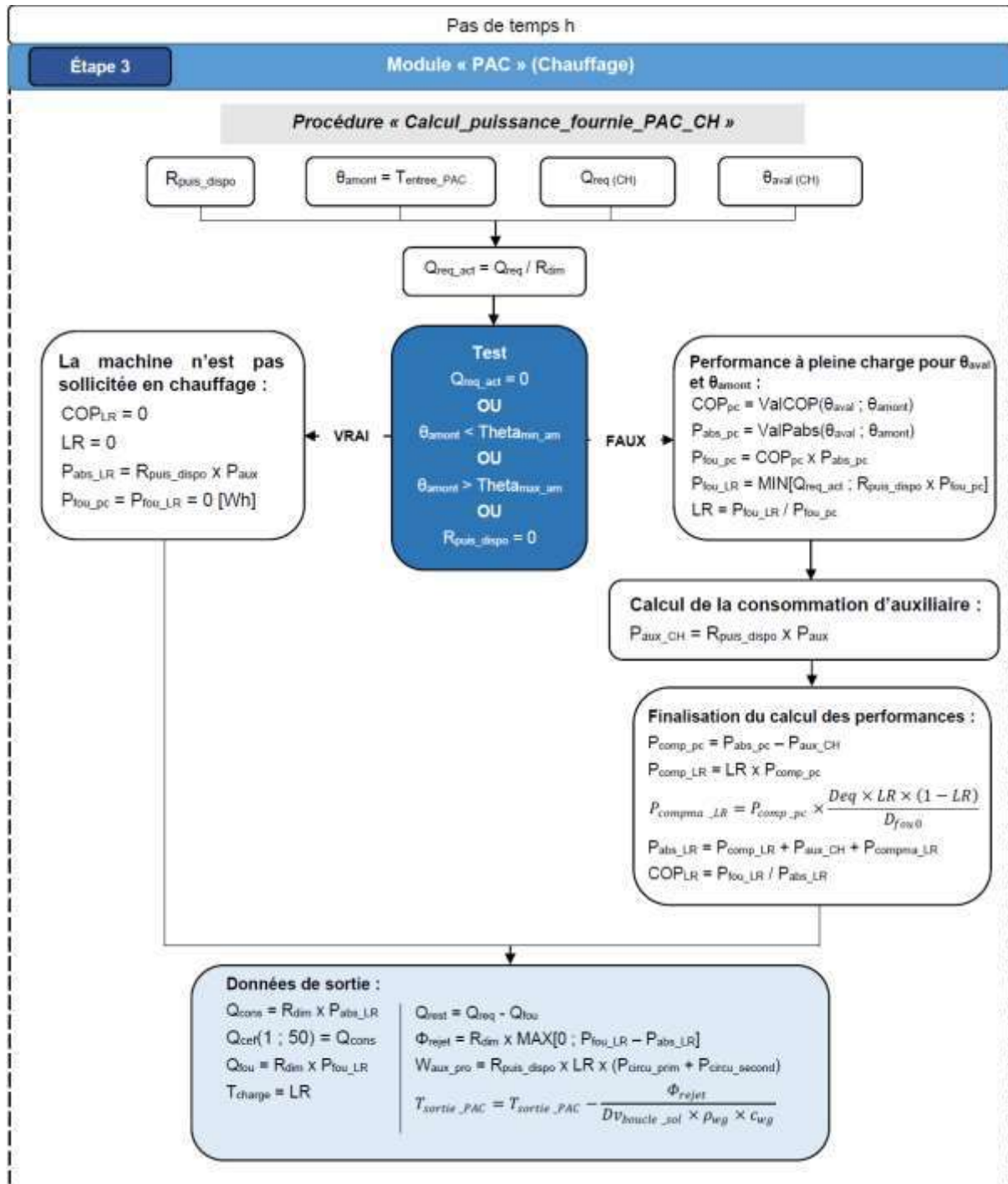
Le statut de la valeur de Taux (Statut_Taux) peut correspondre aux trois cas suivants :

1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,

2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,

3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

16.10.3.3.3 Algorithme de prise en compte au pas de temps horaire



16.10.3.4 Fonction Production d'ECS avec stratification dynamique

16.10.3.4.1 Module Ballon de stockage

16.10.3.4.1.1 Initialisation des paramètres de calcul

Volumes V_{z_stock} , V_{z_strat} et V_{z_min}

- Pour le ballon « stock » :

$$V_{1\_stock} = V_{2\_stock} = V_{3\_stock} = V_{4\_stock} = \frac{V_{tot\_stock}}{4} \quad (2908)$$

- Pour le ballon « stratégique » :

$$V_{1\_strat} = V_{2\_strat} = \frac{(1 - f_{aux}) \times V_{tot\_strat}}{2} \quad (2909)$$

$$V_{3\_strat} = V_{4\_strat} = \frac{f_{aux} \times V_{tot\_strat}}{2} \quad (2910)$$

Le volume de la plus petite zone est alors :

$$V_{z\_min} = MIN[\{V_{z\_stock}\}; \{V_{z\_strat}\}] \quad (2911)$$

Nombre d'itération Nb_{iter} pour le calcul du volume puisé

$$Nb_{iter} = Arrondi.inf \left[\frac{V_{tot\_stock} + V_{tot\_strat}}{V_{z\_min}} \right] \quad (2912)$$

Coefficients de pertes thermiques U_{z_stock} et U_{z_strat}

- Pour le ballon « stock » :



Pour $z=1$ à 4 :

$$U_{z\_stock} = \frac{UA_{stock\_utile} \times V_{z\_stock}}{V_{tot\_stock}} \quad (2913)$$

- Pour le ballon « stratégique » :



Pour z=1 à 4 :

$$U_{z\_strat} = \frac{UA_{strat\_utile} \times V_{z\_strat}}{V_{tot\_strat}} \quad (2914)$$

Pertes thermiques Pe_{z_stock} , Pe_{stock} , Pe_{z_strat} et Pe_{strat}

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées pour une température d'eau de 50°C.

- Pour le ballon « stock » :

Pour z=1 à 4 :

$$Pe_{z\_stock} = U_{z\_stock} \times (50 - T_{amb}) \quad (2915)$$

$$Pe_{stock} = \sum_{z=1}^4 Pe_{z\_stock} \quad (2916)$$

- Pour le ballon « stratégique » :

Pour z=1 à 4 :

$$Pe_{z\_strat} = U_{z\_strat} \times (50 - T_{amb}) \quad (2917)$$

$$Pe_{strat} = \sum_{z=1}^4 Pe_{z\_strat} \quad (2918)$$

Températures T_{z_stock} et T_{z_strat}

Au premier pas de temps, l'ECS contenue au niveau des deux ballons est considérée à la température de consigne.

Pour le ballon « stock » :

Pour $z=1$ à 4 :

$$T_{z\_stock}(h-2) = T_{z\_stock}(h-1) = T_{z\_stock}(h) = T_{cons\_ball} \quad (2919)$$

Pour le ballon « stratégique » :

Pour $z=1$ à 4 :

$$T_{z\_strat}(h-2) = T_{z\_strat}(h-1) = T_{z\_strat}(h) = T_{cons\_ball} \quad (2920)$$

16.10.3.4.2 Module boucle solaire

Cf. 16.10.3.2.1

16.10.3.4.3 Module PAC

16.10.3.4.3.1 Matrice de performance

1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice de performance se compose des points suivants :

		Matrice de performance				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{amb}(^{\circ}\text{C}) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{ext}(^{\circ}\text{C})$	5	Multiplication par $C_{nom\_COP}(X,8,5)$		COP_pivot x $C_{nom\_COP}(X,45)$	Multiplication par $C_{nom\_COP}(X,8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	COP_pivot x $C_{nom\_COP}(X,8,5)$		COP_pivot (Saisie)	COP_pivot x $C_{nom\_COP}(X,8,5)$	
	55	COP_10_55 x $C_{nom\_COP}(X,8,5)$		COP_10_55 (Interpolée)	COP_10_55 x $C_{nom\_COP}(X,8,5)$	
	65	COP_10_65 x $C_{nom\_COP}(X,8,5)$		COP_10_65 (Saisie)	COP_10_65 x $C_{nom\_COP}(X,8,5)$	

La valeur du COP à +10/55 (Val_COP_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45) et de la valeur +10/65°C.

$$\text{COP}_{10\_55} = 55 * \frac{\text{COP}_{10\_65} - \text{COP}_{pivot}}{65 - 45} - \frac{\text{COP}_{10\_65} * 45 - \text{COP}_{pivot} * 65}{65 - 45} \quad (2921)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice de performance				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			0,8		
	65			0,6		

16.10.3.4.3.2 Matrice des puissances absorbées

3) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice des puissances absorbées se compose des points suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5	Multiplication par $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_pivot + $C_{\text{corr}}_{\text{Pabs}}(X;45)$	Multiplication par $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	Pabs_pivot x $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_pivot (Saisie)	Pabs_pivot x $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$	
	55	Pabs_10_55 x $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_10_55 (Interpolée)	Pabs_10_55 x $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$	
	65	Pabs_10_65 x $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_10_65 (Saisie)	Pabs_10_65 x $C_{\text{norm}}_{\text{Pabs}}(X;8,5)$	

La valeur de la puissance absorbée à +10/55°C (Val_Pabs_10_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45°C) et de la valeur à +10/65°C :

$$Pabs_{10\_55} = 55 * \frac{Pabs_{10\_65} - Pabs_{pivot}}{65 - 45} - \frac{Pabs_{10\_65} * 45 - Pabs_{pivot}}{65 - 45} \quad (2922)$$

Par défaut, la méthode Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Le coefficient de correction à une température amont X°C est donc calculé de la manière suivante :

$$Cnnam\_Pabs(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (X - 8,5) \quad (2923)$$

De même pour la variation du COP en fonction de la température aval :

$$Cnnav\_Pabs(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (45 - X) \quad (2924)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

4) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			0,9		
	65			0,8		

16.10.3.4.3.3 Puissances des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, P_{aux} (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, T_{aux} :

$$P_{aux} = Pabs_{pivot} * T_{aux} \quad (2925)$$

Le statut de la valeur de T_{aux} (Statut_ T_{aux}) peut correspondre aux trois cas suivants :

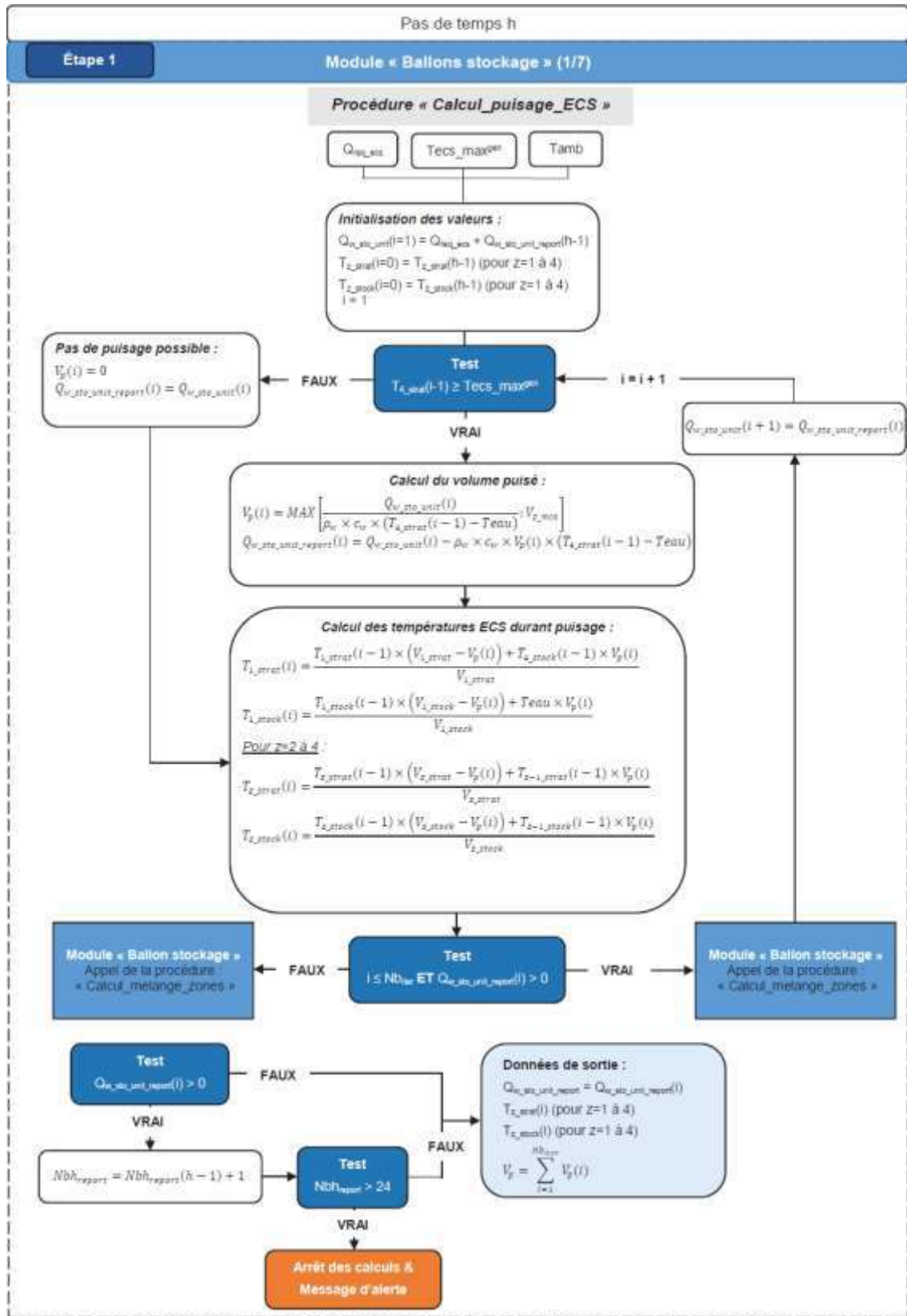
1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,

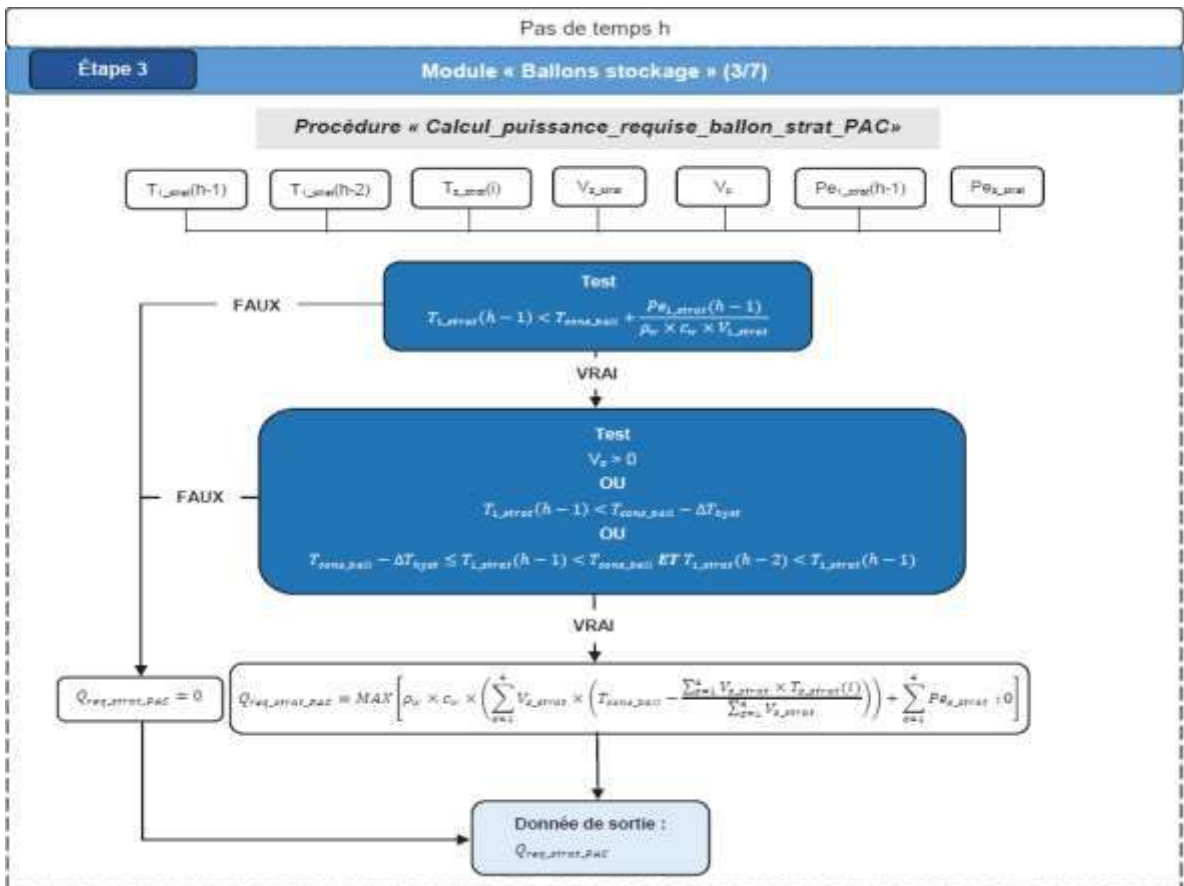
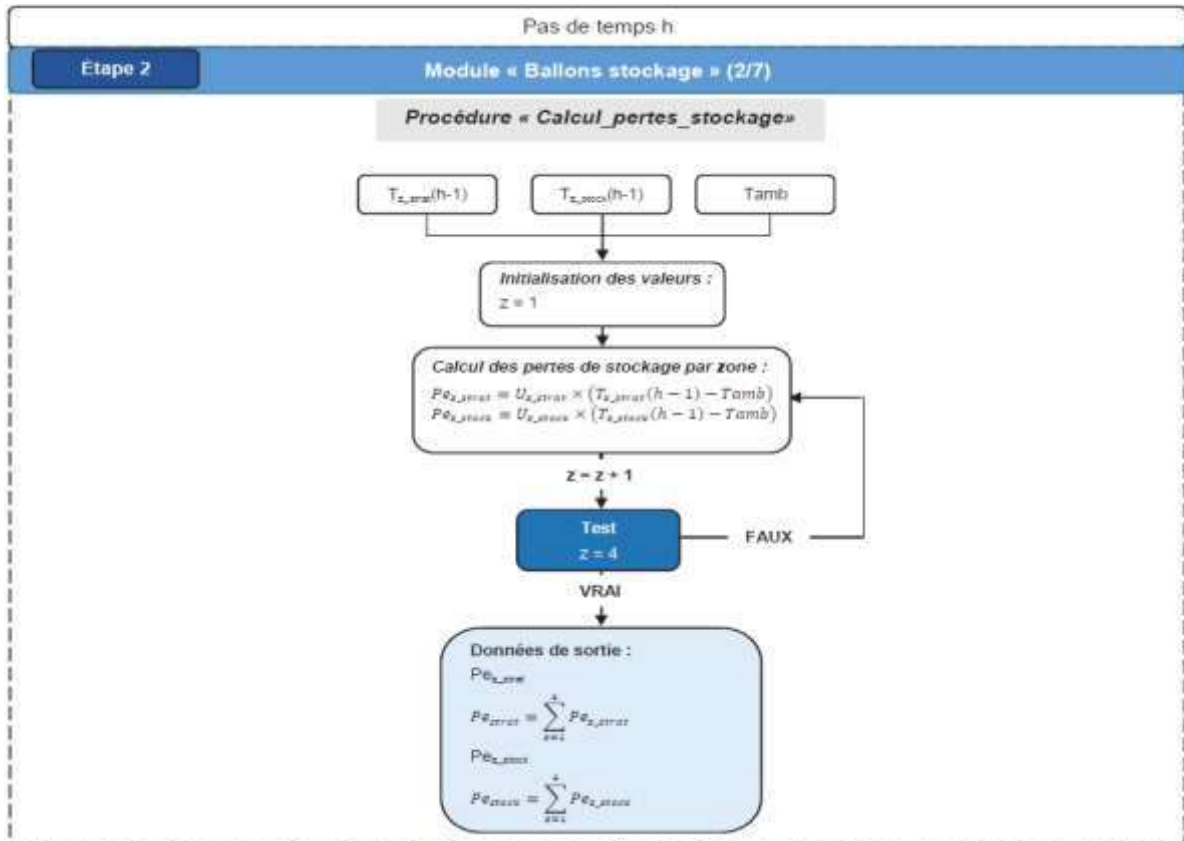
2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,

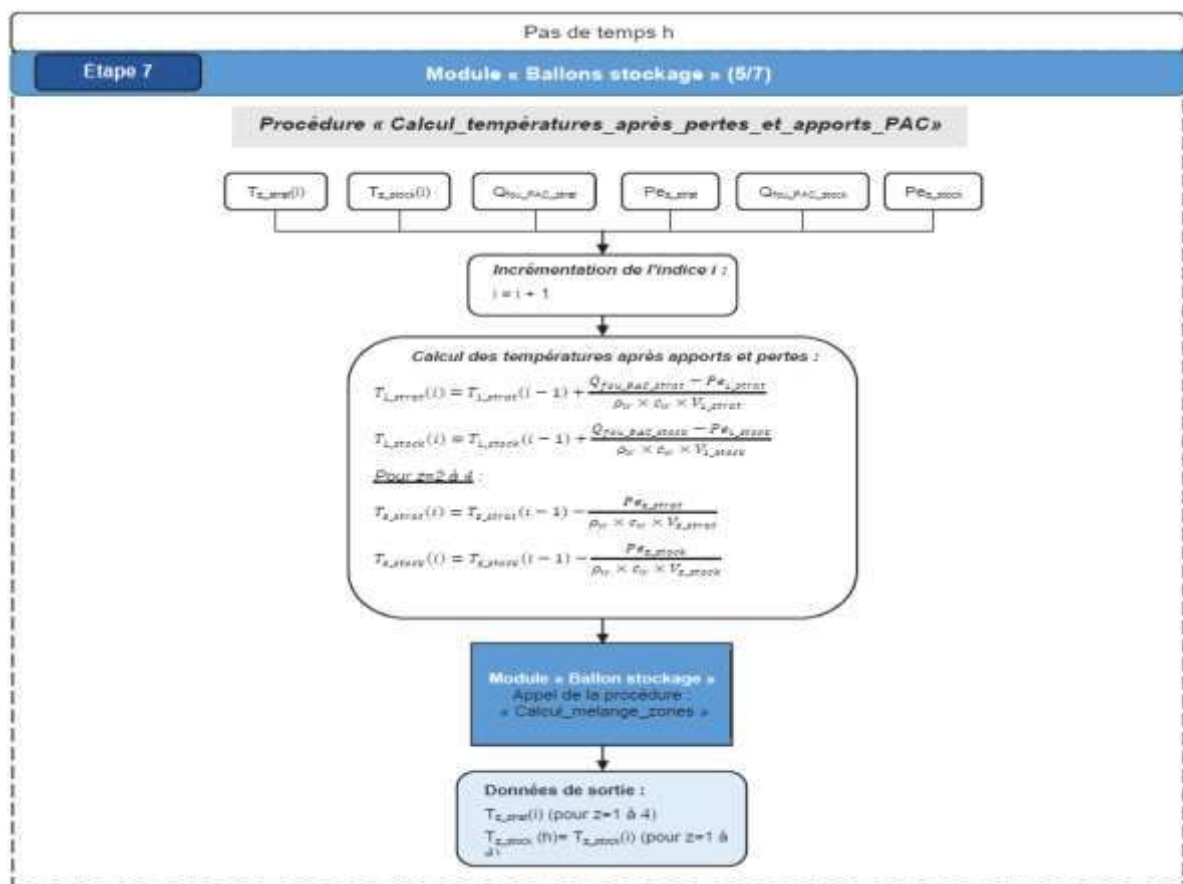
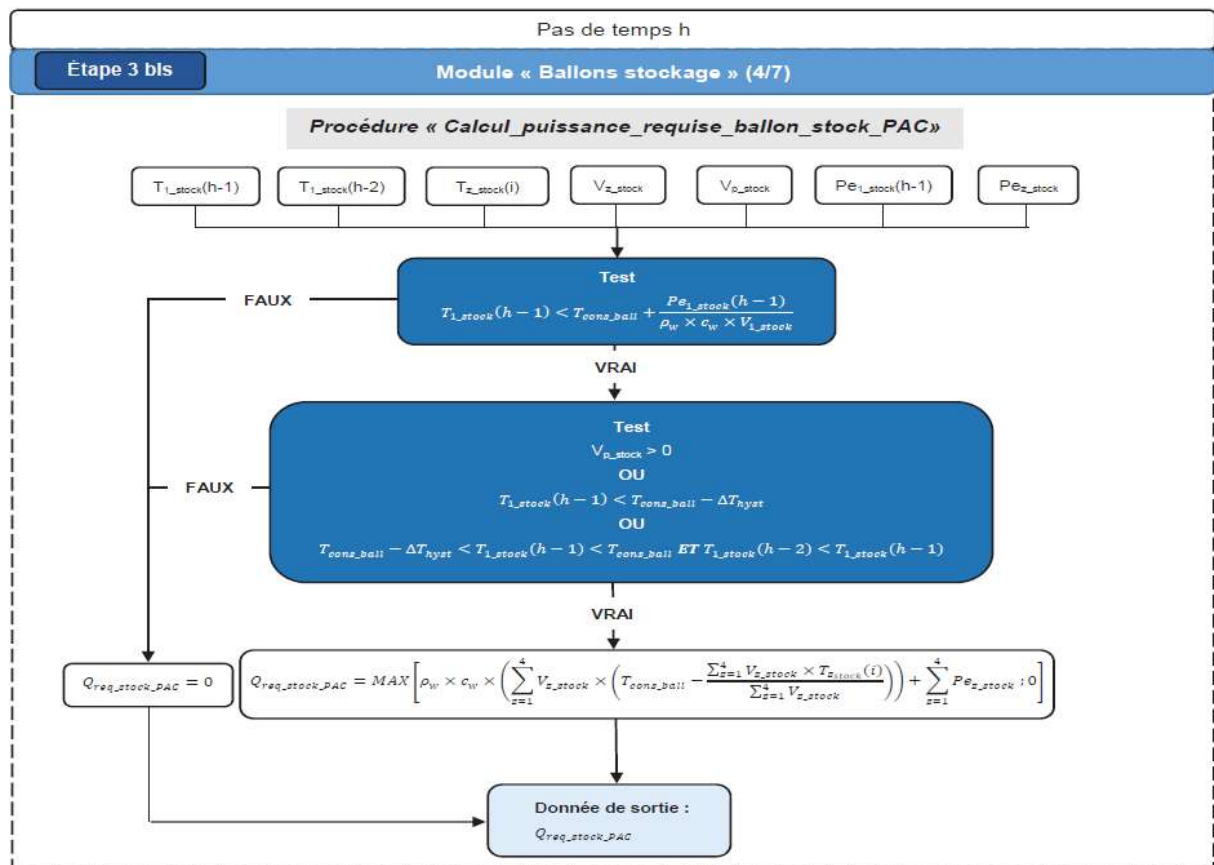
3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

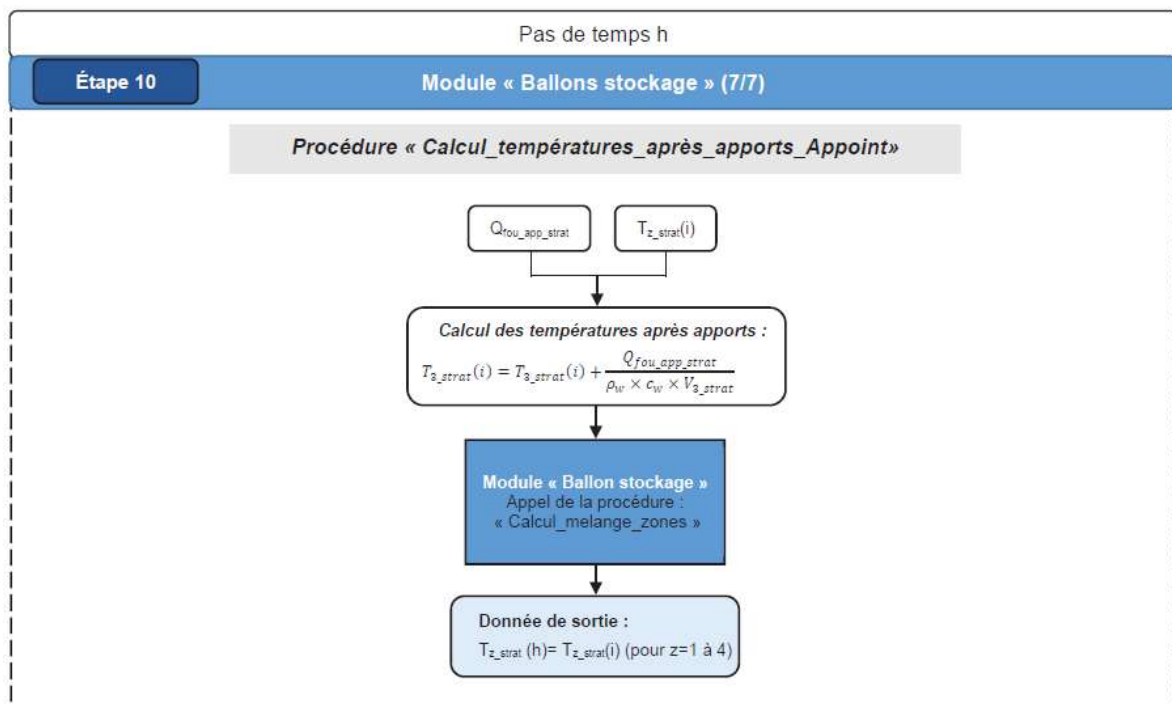
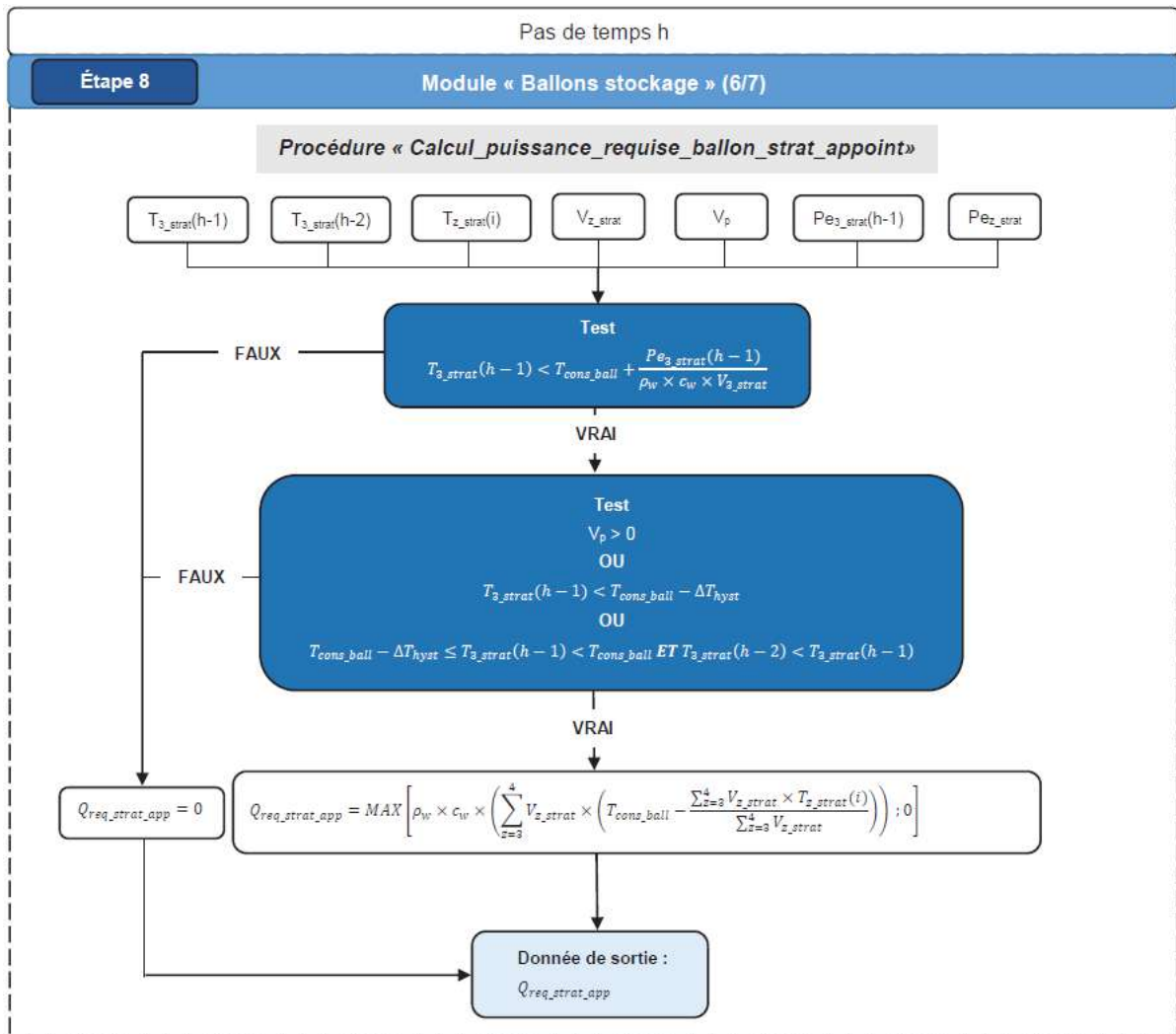
16.10.3.4.4 Algorithme de prise en compte au pas de temps horaire

16.10.3.4.4.1 Module « Ballon de stockage »

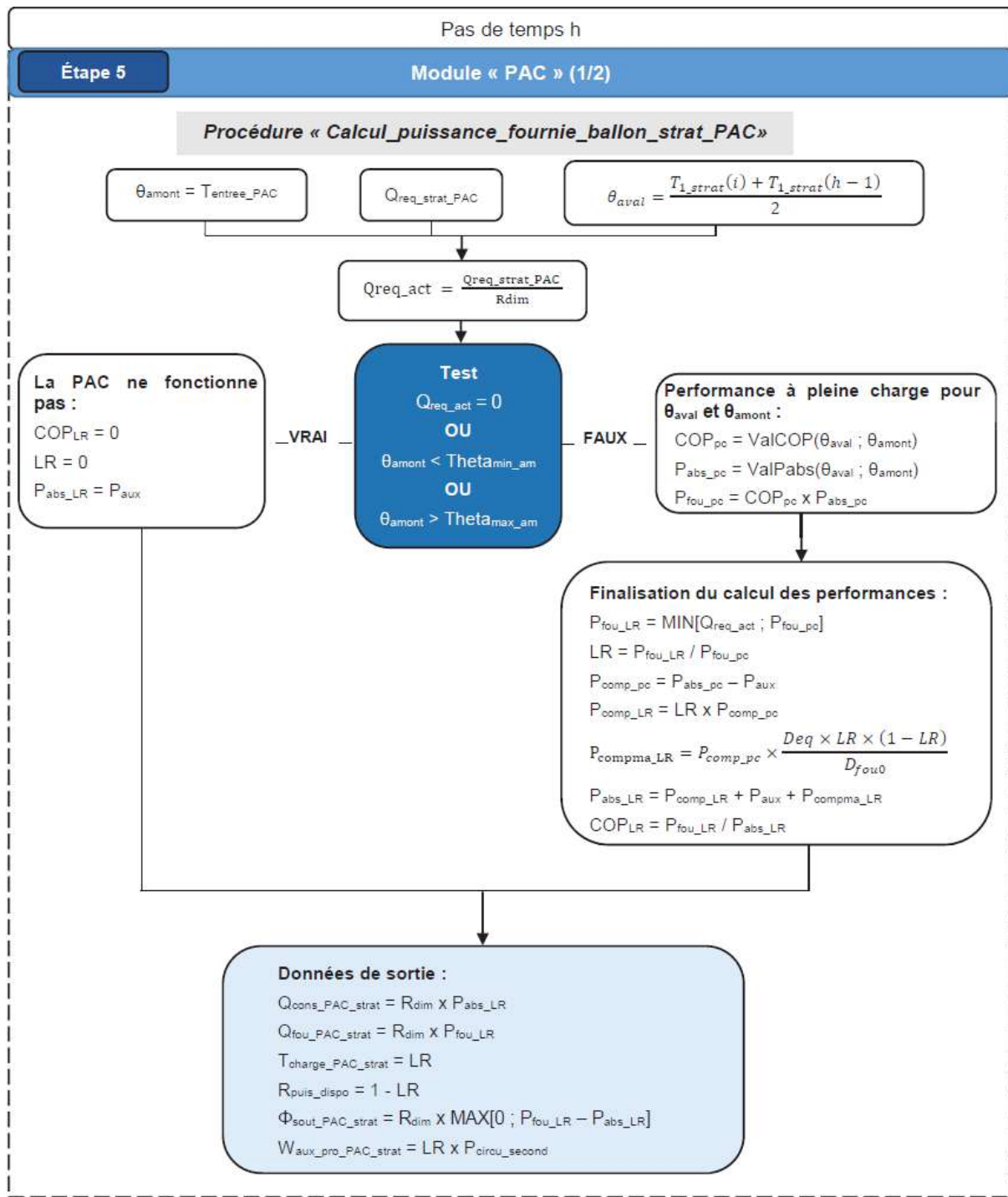


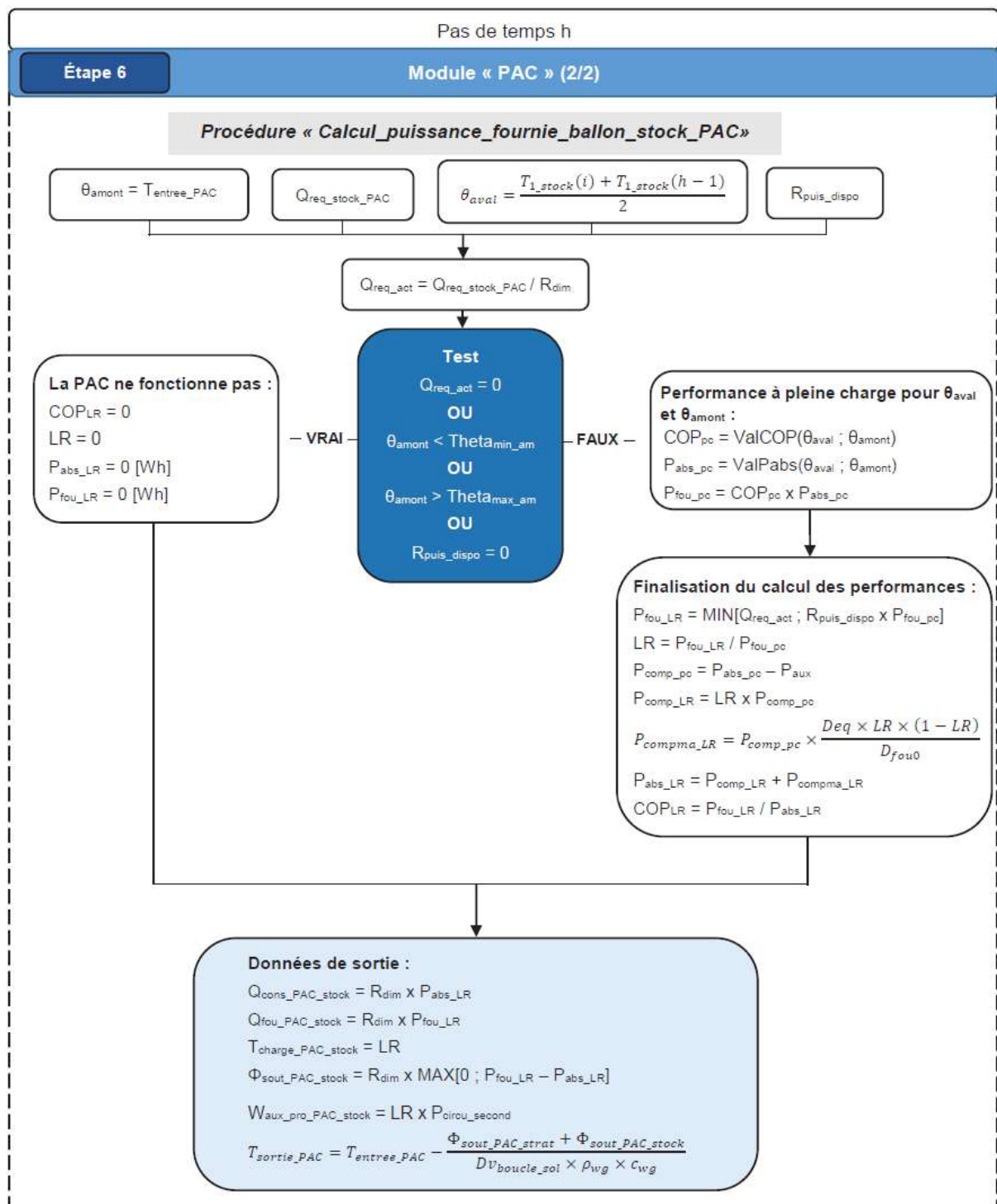






16.10.3.4.4.2 Module « PAC »





16.11 C_GEN_pompe a chaleur multifonction Acquarevia+

16.11.1 INTRODUCTION

Le système « aCQUAREVIA + » est une pompe à chaleur (PAC) multifonction conçue pour équiper les bâtiments nécessitant une production d'eau chaude sanitaire collective comme les EPHAD, hôtels, logements collectifs, résidences étudiantes et seniors. Elle dispose de deux départs hydrauliques, le premier dédié à la production d'eau chaude sanitaire et le second réversible dédié à la production d'eau de chauffage ou d'eau glacée pour le rafraîchissement.

Le système peut donc fonctionner dans les 3 cycles thermodynamiques suivants :

- le fonctionnement chauffage air-eau (aérothermique) permet de prendre l'énergie dans l'air extérieur et de chauffer l'eau chaude sanitaire et l'eau de chauffage séparément ;
- le fonctionnement rafraîchissement air-eau (aérothermique) permet de produire de l'eau glacée pour le rafraîchissement et de rejeter l'énergie dans l'air extérieur ;
- le fonctionnement eau-eau permet de produire simultanément l'eau chaude sanitaire et l'eau glacée sans échange avec l'air extérieur. L'énergie récupérée lors de la production de l'eau glacée est utilisée pour la production de l'eau chaude sanitaire.

16.11.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode s'applique à tous les bâtiments avec comme usage principal :

- logements collectifs ;
- foyer jeunes travailleurs ;
- cité universitaire ;
- établissement sanitaire avec hébergement ;
- hôtel partie nuit.

Le système tel qu'il est défini dans la méthode ne peut pas produire simultanément le chauffage et l'ECS. Le système doit être connecté à un ballon de stockage ECS indépendant du système dont les caractéristiques sont à définir selon les projets.

16.11.3 NOMENCLATURE

Le *Tableau 384* donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant			
Nom		Description	Unité
H_{leg}		Heure légale au pas de temps.	h
S. Amont	$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C
	$\theta_{aval,fr}(h)$	Température de la source aval	°C
Génération	$Q_{req,ecs}(h)$	Demande en énergie pour calcul au niveau de la génération.	W
	$Q_{req,fr}(h)$		

$R_{\text{puis\_dispo}}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$i_{\text{ECS\_seule}}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool
$P_{\text{fou\_source\_amont\_maxi}}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc}) et des caractéristiques de l'air extrait	W

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>Non-réversible (refroidissement)</i>	-			
Id_Fougen_Mod	Pour Cat_thermo_Elec = Non réversible, service assurée par le générateur 2 : Refroidissement	Ent	1	2	
Sys_thermo_Fr	Technologie en mode refroidissement 1 : <i>refroidisseur air extérieur / eau</i>	Ent	1	6	1
$\text{M\_}\theta\text{\_Aval\_Fr}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les EER et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{\text{av,pivot}}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{\text{av},i}$ 3 : etc...	Ent	1	7	Selon type de générateur thermodynamique
$\text{M\_}\theta\text{\_Amont\_Fr}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les EER et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{\text{amont,pivot}}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{\text{amont},j}$ 3 : etc...	Ent	1	7	
$\text{Statut\_données\_PC\_fr}$	Statut des performances à pleine charge renseignées en froid : 1 : <i>il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées</i> 2 : <i>il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	

Saisie des performances certifiées ou justifiées en mode refroidissement

$\{\text{COR}(i,j)\}_{\text{fr}}$	Matrice des statuts de données en mode refroidissement : 1 : <i>valeurs certifiées</i> 2 : <i>valeurs justifiées.</i>	{Ent}	1	2	
$\{\text{Performance}(i,j)\}_{\text{fr}}$	Matrice des coefficients EER selon les températures amont et aval en mode refroidissement (avant prétraitement)	{-}	0	$+\infty$	
$\{\text{P}_{\text{abs}}(i,j)\}_{\text{fr}}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode refroidissement	{kW}	0	$+\infty$	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en mode refroidissement

$\text{Statut\_val\_pivot\_fr}$	Statut de la valeur EER _{pivot_fr} . 1 : <i>valeurs déclarées</i> 2 : <i>valeur par défaut</i>	Ent	1	2	-
Val_COP_fr	Valeur d'EER pivot déclarée en mode refroidissement (avant prétraitement)	-	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_fr	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode refroidissement	kW	0	$+\infty$	-

Limites de fonctionnement de la machine selon le mode

$\text{Lim\_}\theta\text{\_fr}$	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré : 0 = pas de limite	Ent	0	0	0

$\theta_{min\_av\_fr}$	Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode refroidissement	°C	-50	100	100
$\theta_{max\_am\_fr}$	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode refroidissement	°C	-50	100	-

Fonctionnement à charge partielle

$Statut\_fonct\_part$	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
$Fonc\_compr$	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
$Statut\_fonct\_continu$	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
$Ccp_{LRcontmin}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$	Réel	0	2	
$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Min.	0	60	0.5
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Min.	0	60	

Puissance d'auxiliaires de la machine

$Statut\_Taux$	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
$Taux$	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	

Prétraitement: composition des matrices de performance

$\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température aval θ_i en fonction de Pabs à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_n)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_j en fonction de Pabs à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			
$\{Cnn_{av\_EER}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de l'EER à la température aval θ_i en fonction de l'EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am\_EER}(\theta_i, \theta_j)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de l'EER à la température amont θ_j en fonction de l'EER à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			

Voir selon technologie

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv

R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-
	Inertie du système d'émission principal utilisé avec le générateur thermodynamique en mode refroidissement			
Typo_emetteur_fr	1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti 2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie moyenne 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible 4 : très légère : systèmes à air			
	Modèle/taille de la PAC aCQUAREVIA sélectionnée.			
	1 : LCP 41 2 : LCP 51 3 : LCP 61 4 : LCP 71 5 : LCP 81 6 : LCP 94			
Modèle	7 : LCP 104 8 : LCP 124 9 : LCP 144 10 : LCP 164 11 : LCP 194 12 : LCP 214 13 : LCP 244 14 : LCP 274 15 : LCP 294 16 : LCP 324	Ent.	1	16
	Régime d'eau glacée			
	1 : 6,5/1,5 2 : 12/7			
Régime_Eau_Glacée	3 : 13/8 4 : 14/9 5 : 15/10 6 : 17,5/12,5 7 : 23/18	Ent.	1	8

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,fr}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur	Wh
$Q_{rest,fr}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh
$\{Q_{cef\_fr(id\_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs. L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.	Wh
$\eta_{eff,fr}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$T_{charge,fr}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$\Phi_{rejet,fr}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh
$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur, tous modes confondus	Wh
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur en énergie finale, tous modes confondus	Wh

$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh			
$EER_{pc}(h)$	EER utile à pleine charge pour le mode refroidissement (communiqués à C_Gen_Source_Amont).	Wh			
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 50</i>	Ent	10	69	50
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : <i>1 : eau</i>	Ent	1	3	1
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>2 : air</i>	Ent	1	3	2
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>2 : Refroidissement seul</i>	Ent	1	6	3

Variables internes

Nom	Description	Unité			
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{fr}$	Liste des températures aval principales du générateur en fonction du mode.	°C			
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{fr}$	Liste des températures amont principales du générateur en fonction du mode.	°C			
N_{av_fr}	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
N_{am_fr}	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
$\{EER_{util}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances (EER) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}			
$LR(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-			
$LR_{cycl}(h)$	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-			
$EER_{LR}(h)$	EER utile et à charge réelle pour le mode considéré	-			
$EER_{pc\_net}(h)$	EER utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-			
$EER_{LRcontminnet}(h)$		-			
$EER_{LR\_net}(h)$		-			
$P_{fou\_pc}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W			
$P_{fou\_LRcontmint}(h)$					
$P_{fou\_LR}(h)$					
$P_{abs\_pc}(h)$	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W			
$P_{abs\_LR}(h)$					
$P_{comp\_PC}(h)$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W			
$P_{comp\_LRcontmint}(h)$					
$P_{comp\_LR}(h)$					
$P_{fou\_pc\_brut}(h)$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W			
$P_{compma\_LR}(h)$	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W			
$W_{aux,0}(h)$	Puissance effective absorbée par les auxiliaires à charge nulle	W			

$Ccp_{LRcontmin\_net}(h)$	Correction du COP « <i>net</i> » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-			
$Q_{req_{act}}(h)$	Energie requise ramenée une machine parmi les $Rdim$ identiques	W			
$Q_{req\_fr/ecs}$	Besoins de rafraichissement pris en charge par la production d'ECS	Wh			
$Q_{req\_fr\_rest}$	Besoins de refroidissement restants à produire en mode air/eau	Wh			
$Q_{rest_{act}}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh			
$P_{n\_fr\_aCQUAREVIA}$	Puissance nominale de rafraichissement dans les conditions de fonctionnement réelles de la PAC aCQUAREVIA en mode eau/eau.	Réel	-	-	-
P_{n_ecs}	Puissance nominale d'ECS dans les conditions de fonctionnement réelles de la PAC en mode eau/eau.	Réel	-	-	-
$R_{ecs/fr}$	Ratio de production de froid par rapport à la production d'ECS.	Réel	0	1	-
Constantes					
Nom	Description	Unité	Conv		
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP propre à chaque technologie et à chaque mode	-	2,7		

Tableau 384 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.11.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.11.4.1 Méthode générale de prise en compte

Ce chapitre présente la méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable, c'est-à-dire le calcul pour déterminer la part de la consommation de froid couverte lors de la production d'ECS en mode récupération.

La prise en compte du système aCQUAREVIA dans le moteur de calcul RE2020 est la suivante :

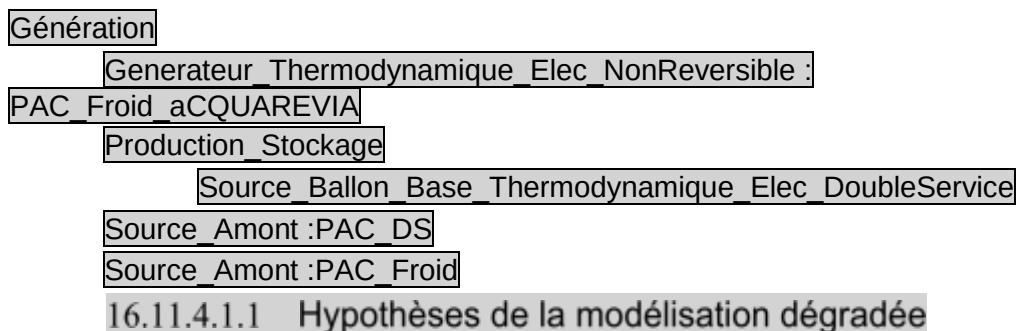
- modélisation dégradée du système consistant à saisir une génération de chauffage et d'ECS par une PAC Double Service (air/eau) et une génération de refroidissement par une PAC mono service en refroidissement seul (air/eau) dite PAC acquarevia.

- post-traitement « Acquarevia » intégré dans le moteur de calcul RE2020 afin de calculer, au pas de temps horaire, les besoins de refroidissement pris en charge lors de la production d'ECS, et les consommations de froid du générateur Acquarevia corrigées.

On trouve ci-dessous les éléments descriptifs à utiliser pour la modélisation dégradée.

Le Titre aCQUAREVIA est pris en compte dans le moteur de calcul RE2020 en assemblant, au sein de l'objet génération, une PAC de type refroidisseur air/eau, une production de stockage dont la source est une PAC Double Service (air/eau) pour la production d'ECS et le chauffage, et un objet de post-traitement aCQUAREVIA.

L'assemblage, au sein de l'objet génération, est résumé comme suit :



16.11.4.1.1 Hypothèses de la modélisation dégradée

16.11.4.1.1.1 Génération de refroidissement

La génération de refroidissement est modélisée par la saisie d'une PAC mono service (air/eau) en mode refroidissement uniquement. Elle doit être saisie de la manière suivante :

Rdim Selon la taille de la PAC aCQUAREVIA, (voir Tableau 385)

Mode de fonctionnement

Id_FouGen_Mod 2 : Refroidissement
 Sys_Thermo_Fr 1 : Refroidisseur air/eau

Performances à plein charge

Statut_donnee 1 : Il existe des valeurs de performances certifiées/mesurées
 Theta_Aval_Air_Eau_Fr 3 : 9,5°C, 15°C, 20,5°C
 Theta_Amont_Air_Eau_Fr 3 : 15°C, 25°C, 35°C
 Performance Selon les données techniques de la PAC
 Puissance absorbée Selon les données techniques de la PAC
 COR seul le couple [9,5 ; 35] est certifié (valeur à saisir : 1)

Températures limites de fonctionnement

Theta_Max_Am 45 °C
 Theta_Min_Av 0 °C

Fonctionnement à charge réelle

Valeur_Declaree_Defaut 1 : Valeurs déclarée
 Fonctionnement_compres 2 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur
 Statut_Taux Valeur réelle (0 ou 1) ou par défaut (2)

Le tableau ci-dessous indique le nombre de compresseur à saisir selon le modèle/la taille de la PAC aCQUAREVIA utilisée dans le projet.

Taille de la PAC aCQUAREVIA	41 à 81	94 à 324
Nombre de compresseur	2	4

Tableau 385 – Nombre de compresseur par PAC « aCQUAREVIA ».

Le modèle/la taille de la PAC aQUAREVIA et le régime d'eau glacée spécifique au projet sont à définir.

Modèle de pompe à chaleur

Modèle	1 : LCP 41
	2 : LCP 51
	3 : LCP 61
	4 : LCP 71
	5 : LCP 81
	6 : LCP 94
	7 : LCP 104
	8 : LCP 124
	9 : LCP 144
	10 : LCP 164
	11 : LCP 194
	12 : LCP 214
	13 : LCP 244
	14 : LCP 274
	15 : LCP 294
	16 : LCP 324

Régime d'eau glacée de la pompe à chaleur

Regime_Eau_Glacee	1 : 6,5/1,5
	2 : 12/7
	3 : 13/8
	4 : 14/9
	5 : 15/10
	6 : 17,5/12,5
	7 : 23/18

16.11.4.1.1.2 Génération de chauffage et d'ECS

La génération de chauffage et d'ECS est saisie en assemblant, au sein de l'objet génération, un ballon de stockage dont la source est une PAC Double Service (air/eau) avec les statuts des caractéristiques réelles de la PAC (performances certifiées, déclarées ou justifiées) selon la fiche technique.

16.11.4.2 Calcul des Besoins de refroidissement pris en charge par la production d'ECS

Le principe du système est de produire de l'eau glacée lors de la production d'ECS lorsque la demande de froid et d'ECS est simultanée uniquement. La part des besoins produite « gratuitement » est donc limitée à la capacité de la PAC à produire de l'eau glacée lors d'une demande d'ECS.

Pour calculer les besoins de refroidissement pris en charge lors de la production d'ECS, nous définissons premièrement le Ratio ($R_{ecs/fr}$) correspondant à la capacité de la PAC à produire de l'eau glacée lors de la production d'ECS en fonctionnement eau/eau. Ce Ratio est défini selon l'eq.(2926) pour le modèle/la taille de la PAC (aQUAREVIA) et pour les régimes d'eau de 47/55°C pour l'ECS et selon le régime sélectionné pour l'eau glacée.

$$R_{ecs/fr} = \frac{P_{n\_fr\_aQUAREVIAplus}}{P_{n\_ecs}} \quad (2926)$$

Les besoins de rafraîchissement pris en charge par la production d'ECS sont plafonnés par les besoins horaires d'ECS et le ratio ($R_{ecs/fr}$) ainsi que par les besoins horaires de rafraîchissement.

$$Q_{req-fr/ecs}^{gr}(h) = \text{MIN}[Q_{req-fr}^{gr}(h) ; Q_{w\_bruts}^{gr}(h) \times R_{ecs/fr}] \quad (2927)$$

Le ci-dessous présente les valeurs du Ratio ($R_{ecs/fr}$) de différents modèles/tailles pour chaque régime d'eau glacée.

Modèle / Taille	R _E G	P _{n_fr} [kW]	P _{n_ecs} [kW]	R _{ecs/fr} [-]	Modèle / Taille	R _E G	P _{n_fr} [kW]	P _{n_ecs} [kW]	R _{ecs/fr} [-]
LCP 41	1	37	54	0,66213592	LCP 51	1	40,3	59,5	0,65017668
	2	44,4	61,6	0,69863014		2	48,6	68	0,68847352
	3	45,9	63	0,70519263		3	50,3	69,6	0,69604863
	4	47,4	64,6	0,71031097		4	52	71,4	0,70326409
	5	48,9	66,1	0,71794872		5	53,7	73,1	0,70869565
	6	52,8	70,2	0,73111782		6	58,2	77,7	0,7250342
	7	62,3	80	0,76		7	69	88,8	0,75510204
LCP 61	1	47,9	69,8	0,66216216	LCP 71	1	52,4	77,4	0,64905149
	2	57,6	79,7	0,7001321		2	63,2	88,2	0,68899522
	3	59,5	81,6	0,70671835		3	65,3	90,3	0,69626168
	4	61,5	83,6	0,71248424		4	67,5	92,5	0,70285714
	5	63,5	85,7	0,7188656		5	69,7	94,8	0,70949721
	6	68,7	91	0,7340302		6	75,5	100,6	0,72544879
	7	81,4	103,9	0,76175869		7	89,5	114,8	0,75673166
LCP 81	1	60,1	88,3	0,65599051	LCP 94	1	74	108	0,66247582
	2	72,8	101	0,69801463		2	88,8	123,1	0,69991475

	3	75,3	103,5	0,70408163		3	91,9	126,2	0,70558799
	4	77,9	106	0,71215139		4	94,8	129,2	0,71149144
	5	80,5	108,6	0,71789883		5	97,9	132,4	0,71815287
	6	87,4	115,5	0,73394495		6	105,7	140,4	0,73212942
	7	104,1	132,4	0,76527331		7	124,7	160,1	0,75862069
LCP 104	1	80,6	119	0,65377856	LCP 124	1	94,8	138,7	0,65987934
	2	97,5	136,1	0,69242658		2	113,9	158,2	0,69807565
	3	100,6	139,4	0,69992441		3	117,8	162,2	0,70428016
	4	104,1	142,9	0,70531758		4	121,7	166,1	0,70975919
	5	107,6	146,4	0,71191336		5	125,8	170,3	0,716677
	6	116,3	155,3	0,72739633		6	136,1	180,7	0,73146527
	7	138,5	178	0,75686977		7	161	206,3	0,76041131
LCP 144	1	103,8	154,1	0,64741848	LCP 164	1	118,1	175,1	0,65014925
	2	125	175,3	0,68727491		2	143,2	199,9	0,69331931
	3	129,2	179,5	0,69460727		3	148,2	204,8	0,69974293
	4	133,6	184	0,70126147		4	153	209,7	0,70747617
	5	137,8	188,2	0,70779585		5	158	214,6	0,71400588
	6	149,2	199,5	0,72337043		6	171,8	228,4	0,72987974
	7	177,3	228,1	0,75581395		7	204,4	261,5	0,76153846

LCP 194	1	141, 8	208,9	0,65515516	LCP 214	1	161, 4	239, 4	0,6491917 9
	2	171, 7	238,6	0,69678272		2	194, 7	272, 8	0,6892568 3
	3	177, 3	244,2	0,70232959		3	201, 8	279, 8	0,6969924 8
	4	183	250	0,70959596		4	208, 3	286, 3	0,7040029 4
	5	189, 3	256,2	0,71681052		5	215, 0	293, 5	0,7100251 5
	6	205, 3	272,3	0,73245444		6	233, 3	311, 4	0,7260692 5
	7	244, 4	311,7	0,7633458		7	277, 3	355, 8	0,7589285 7
LCP 244	1	184, 1	272,4	0,66391834	LCP 274	1	207, 4	306, 5	0,6741055 6
	2	222, 2	310,7	0,70120898		2	250, 2	349, 2	0,7088134 5
	3	229, 7	318,2	0,70748988		3	258, 3	357, 3	0,7140249 5
	4	237, 6	326,2	0,71367381		4	267	365, 9	0,7201070 8
	5	245, 2	333,8	0,71975547		5	276, 2	375	0,7250799 2
	6	265, 5	354,1	0,73473108		6	299, 9	398, 7	0,7387486 3
	7	316, 1	405,1	0,76396685		7	355, 5	455	0,7673970 6
LCP 294	1	226, 3	332,7	0,66656061	LCP 324	1	243, 8	358, 9	0,6583017 2
	2	274, 4	381,1	0,70352744		2	293, 1	408, 6	0,6965251
	3	283, 3	390,2	0,70916553		3	302, 9	418, 4	0,7032469 2
	4	293, 7	400,6	0,71615487		4	313, 1	428, 8	0,7090819 6
	5	303, 1	410,1	0,72229465		5	322, 9	438, 7	0,7160701 4

	6	328, 3	435,4	0,73640167		6	350, 1	466, 2	0,7309437 4
	7	388, 4	496,6	0,76503678		7	413, 9	531, 5	0,7612118 8

Tableau 386 – Valeurs de Ratio ($R_{ecs/fr}$).

16.11.4.3 Calcul de la Consommation de froid corrigée

La consommation de refroidissement corrigée est calculée à partir des besoins de froid corrigés. Ceux-ci tiennent compte de la récupération de froid liée à la production d'ECS $Q_{req-fr/ecs}^{gr}(h)$.

16.11.4.3.1 Besoins de refroidissement restants à produire en mode air/eau

Les besoins de refroidissement restants à produire sont obtenus en diminuant les besoins de froid initiaux des besoins couverts par la production d'ECS (part calculée précédemment) – cf. formule (2928).

$$Q_{req-fr\_rest}^{gr}(h) = Q_{req-fr}^{gr}(h) - Q_{req-fr/ecs}^{gr}(h) \quad (2928)$$

16.11.4.3.2 Consommations de refroidissement restantes en mode air/eau

Les consommations horaires de froid en mode air/eau sont corrigées en fonction des nouveaux besoins et de l'efficacité frigorifique annuelle du groupe frigorifique (PAC air/eau):

$$C_{ef-fr}^{gr}(h) = \frac{Q_{req-fr\_rest}^{gr}(h)}{EER_{LH}(h)} \quad (2929)$$

16.11.4.3.3 Calcul des données de sortie du générateur à l'issue du traitement en mode refroidissement

A l'issue du calcul de chaque mode, avant de passer au mode suivant, on calcule les données de sortie spécifiques à ce mode.

$$Q_{cons}(h) = P_{abs\_LR}(h) \times R_{dim} \quad (2930)$$

$$Q_{cef(3;50)} = Q_{cons} \quad (2931)$$

$$\eta_{eff,fr}(h) = EER_{LR}(h) \quad (2932)$$

$$Q_{fou-fr}(h) = P_{fouLR}(h) \times R_{dim} \quad (2933)$$

$$Q_{rest-fr}(h) = Q_{rest,act}(h) \times R_{dim} \quad (2934)$$

$$T_{charge-fr}(h) = LR(h) \quad (2935)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. :

$$\varphi_{\text{rejet,fr}}(h) = \text{MIN}(0; P_{\text{comp\_LR}} + P_{\text{compma\_LR}} + P_{\text{fou\_LR}}) \times \text{Rdim}$$

(2936)

16.12 C_GEN_AUER Chauffe eau thermodynamique_Edel Eau

16.12.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des chauffe-eau thermodynamiques Edel Eau dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Les systèmes Edel Eau, anciennement connus sous les noms de Cylia Eau et Xiros Eau, sont des Chauffe-Eau Thermodynamiques (CET) qui puisent leurs calories sur le retour du plancher chauffant ou toute autre boucle d'eau dont la température est comprise entre 20 °C et 35 °C.

Ces systèmes monoblocs sont composés d'un ballon de stockage d'une capacité de 50 à 400 L, d'une PAC eau/eau fonctionnant uniquement en mode ECS et de leur propre circulateur de dérivation raccordé directement sur le retour de la boucle d'eau du circuit de chauffage sans échangeur intermédiaire.

Tous les CET de la marque AUER dont le principe de fonctionnement est similaire à celui décrit ci-avant sont éligible à ce Titre V.

En hiver, le cycle thermodynamique qui a pour but de chauffer l'eau chaude sanitaire, utilise comme source froide l'eau de retour du plancher chauffant. Le plancher chauffant est l'émetteur principal de chauffage dans le bâtiment. Son eau est chauffée par un système de génération quelconque (chaudière PAC, réseau de chaleur, etc.). Après avoir parcouru les tubes du plancher chauffant, une partie du débit d'eau circule dans l'évaporateur du CET et un échange de calories s'effectue entre l'eau du retour du plancher chauffant (fluide amont) et le fluide caloporteur de la PAC du CET.

En été, le principe reste le même sauf que la température de retour du plancher chauffant ne dépend pas du système de génération. Le circulateur dans le PAC du CET est en fonctionnement pour permettre à la source amont de se régénérer par l'ambiance.

16.12.2 CHAMPS D'APPLICATION

Le Titre V s'applique à tous les bâtiments soumis à la RE2020 et dont l'émetteur de chaleur est une boucle d'eau dont la température est comprise entre 20 et 35°C sur laquelle est raccordé directement via son module de dérivation, sans échangeur annexe ou externe le chauffe-eau thermodynamique composé notamment d'un ballon de stockage d'une capacité de 50 à 400 L.

16.12.3 PROCEDURE D'UTILISATION DU SYSTEME

La prise en compte des systèmes se fait au niveau de l'objet génération dans laquelle il faut définir un générateur thermodynamique pour ballon AUER. Il faut également saisir la génération en volume chauffé pour prendre en compte l'impact du CET sur les besoins de chauffage et ressaisir le mode de régulation de la température du réseau de chauffage du groupe (température de départ constante, température de retour constante, ou modulation en fonction de la température extérieure).

La saisie du projet est résumée de la manière suivante :

Distribution_Groupe_Chaud

Gest_2nd_Ch

1 : Température de départ constante

2 : Température de retour constante

3 : Modulation en fonction de la température extérieure).

Génération

Pos_Gen

1 : En volume chauffé

La saisie du CET via le nouvel objet générateur AUER est conforme au chapitre « 9.22¹⁸ PR1_IdCET_Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique » de la méthode Th-BCE 2020.

L'identification des paramètres de description nécessaires à la méthode Th-BCE se fait via l'outil informatique IdCET (cf. figure 2). La saisie dans cet outil IdCET doit se faire en déclarant l'appareil comme une PAC sur Eau en saisissant les valeurs brutes du PV d'essai de la norme NF EN 16147 sans appliquer de coefficient correcteur. L'appareil est testé dans les conditions suivantes :

- Température de l'eau de « source amont » 25°C.
- Température de référence de l'eau chaude sanitaire supérieure à 52,5°C.

Figure 220 – Interface de l'outil d'identification IdCET.

Le passage par l'outil IdCET permet de déterminer les valeurs des trois paramètres suivants : le COP_{pivot} , le UA_s et la P_{abs_pivot} .

Le COP_{pivot} et la P_{abs_pivot} sont des valeurs qui doivent être saisies dans le nouvel objet tandis que le UA_s est à saisir au niveau du ballon de stockage « Production_Stockage » de la même façon que pour un CTE classique.

Ci-dessous la liste exhaustive des données d'entrée à saisir au niveau dans l'interface du nouvel objet qui correspond à la PAC eau de boucle/eau.

- Mode de régulation de la température du réseau de chauffage du groupe

¹⁸ Méthode de calcul Th-BCE2020 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R 172-6 du code de la construction et de l'habitation : <http://www.rti-batiment.fr/textes-reglementaires-a617.html>.

- Gest_2nd_Ch
 - 1 : Température départ constante
 - 2 : Température retour constante
 - 3 : Modulation en fonction de la température extérieure
- Température maximale annuelle de la source amont
 - Theta_max_source Valeur à saisir °C
- Statut de la valeur pivot en ECS
 - Statut_Val_Pivot_ECS
 - 0 : Valeur certifiée
 - 1 : Valeur justifiée
 - 2 : Valeur déclarée
 - 3 : Valeur par défaut
- Valeur pivot de la performance (COP) en ECS
 - Val_COP_ECS Valeur à saisir -
- Valeur pivot de la puissance absorbée des machines en ECS
 - Val_COP_ECS Valeur à saisir kW
- Type de fonctionnement du compresseur
 - Fonct_Comp
 - 0 : Sans objet
 - 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle ...
 - 3 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur
- Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu
 - Statut_Fonct_Comp
 - 0 : Valeur certifiées
 - 1 : Valeur justifiée
 - 2 : Valeur par défaut
- Taux minimal de charge en fonctionnement continu
 - LRcontmin Valeur à saisir -
- Correction de la performance en fonction de la charge LRcontmin
 - CCP_LRcontmin Valeur à saisir -
- Statut du taux
 - Statut_Taux
 - 0 : Valeur certifiées
 - 1 : Valeur justifiée
 - 2 : Valeur par défaut
- Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale
 - Taux Valeur à saisir -
- Températures limites de fonctionnement
- Arrêt de la machine dû aux limites des températures des sources en ECS
 - Lim_Theta_Ecs
 - 0 : Pas de limite des températures de sources
 - 1 : Arrêt sur les limites des deux températures de source simultanées...
 - 2 : Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source

- Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS

Theta_Max_Av_ECS Valeur à saisir °C

- Température maximale aval en-dessous de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS

Theta_Min_Av_ECS Valeur à saisir °C

La température maximale annuelle de la source amont doit être saisie en fonction du mode de régulation de température du réseau de chauffage de l'appareil, qui est un paramètre à ressaisir.

- En effet, si l'émission de chauffage est assurée avec une température de retour constante, alors cette température doit être saisie comme température maximale annuelle de la source amont.
- Sinon, si l'émission de chauffage est assurée avec une température de départ constante ou en fonction de la température extérieure, alors la température maximale annuelle est fixée à 25 °C.

16.12.4 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du module						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Gestion/régulation de la génération et du ballon	$\theta_{\text{aval}}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération et du ballon de stockage	°C	-	-	-
	$Q_{\text{req}}(h)$	Demande en énergie en ECS ou en chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération et du ballon de stockage.	Wh			
	$R_{\text{puis\_dispo}}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel			
	$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve la génération	°C			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	Name	Nom du composant	-	-	-	-
	Index	Identifiant unique du composant	-	0	+	-

Id _{priorité_ch}	Indice de priorité du générateur en chauffage	Ent.	0	+∞	-
Id _{priorité_eCS}	Indice de priorité du générateur en ECS	Ent.	0	+∞	-
Rdim	Nombre de composants identiques, assimilé ici au nombre de générateur par ballon	Ent.	1	1	-
	Type de fluide caloporteur :				
	1 : eau	-	1	3	1
Id _{FI_Aval}	2 : air ambiant				
	3 : sol				
	Fonction du composant en tant que générateur :				
Id _{fougen}	3 : ECS seule	Ent.	3	3	-
θ _{max_av_lgen}	Température aval maximale pour le chauffage	°C	0	+∞	100
	Identificateur/Nature du fluide amont (plancher chauffant)				
Id _{fluide=amont}	1 : eau	Ent.	1	1	-
Id _{source_amont}	Identifiant de la source amont	-	0	+∞	0
θ _{max_source}	Température maximale annuelle de la source amont	°C	20	35	-
	Mode de régulation de la température du réseau de chauffage du groupe :				
	1 : température de départ constante				
Id _{gest_ch}	2 : température de retour constante	Ent.	1	3	-
	3 : modulation en fonction de la température extérieure				
	Type de fonctionnement du compresseur :				
	0 : Sans objet				
Fonct_compre	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur	-	0	2	-
	2 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur				

Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu :					
Statut_Fonc_Continu	0 : valeur certifiée	-	0	2	-
	1 : valeur justifiée				
	2 : valeur par défaut				
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu (= 1 si machine ou tout rien)	-	0	1	-
CcpLR _{contmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin} .	-	-	2	-
Puissance d'auxiliaires de la machine					
Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine :					
Statut_Taux	0 : valeur certifiée	Ent.	0	2	-
	1 : valeur justifiée				
	2 : valeur par défaut				
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	-
Limites de fonctionnement de la machine selon le mode					
Arrêt de la machine dû aux limites des températures des sources en ECS :					
Lim_θ _{ecs}	0 : Pas de limite des températures de sources	Ent.	0	2	-
	1 : Arrêt sur les limites des deux températures de source simultanément				
	2 : Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source				
θ _{max_av_ecs}	Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS	°C	- 50	100	-
θ _{min_am_ecs}	Température minimale amont en-dessous de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS	°C	- 50	100	-

Saisie des performances certifiées, justifiées, déclarées ou par défaut en mode ECS

Statut de la valeur pivot de performance (COP) en ECS :

1 : Valeur certifiée

Statut_Val_Pivot_Ecs	2 : Valeur justifiée	Ent.	1	4	-

3 : Valeur déclarée

4 : Valeur par défaut

Val_Pabs_ecs	Valeur pivot de la puissance absorbée des machines en mode ECS	kW	0	+∞	-

Val_COP_ecs	Valeur pivot de la performance (COP) en mode ECS	-	0	+∞	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$P_{n,gen,ecs}(h)$	Puissance nominale du générateur en ECS.	W	-	-	-
$P_{max}(h)$	Puissance maximale du générateur au pas du temps h.	W	0	+	-
$\emptyset_{vc}(h)$	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises à l'ambiance	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur	Wh			
$Q_{fou}(h)$	Énergie fourni par le générateur, au pas de temps h.	Wh			
$Q_{prelec}^{gnr}(h)$	Énergie électrique produite par le générateur, au pas de temps h.	Wh			
$Q_{rest}(h)$	Énergie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant pour un générateur	Wh			
$\tau_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge du générateur	Réel			
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS,	Réel			

	à puissance maximale, au pas de temps h.					
$W_{aux,pro}^{gnr}(h)$	Consommation des auxiliaires, au pas de temps h	Wh				
$\{Q_{cef\_Ecs}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale pour la production d'ECS en fonction des énergies utilisées (Gaz, Fioul, Charbon, Bois, Electricité, Réseau de fourniture)	Wh				
$P_{n\_Gen\_Ch}(h)$	Puissance nominale du générateur en chauffage	W				
$\{Q_{cef\_ch}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale pour le chauffage en fonction des énergies utilisées (Gaz, Fioul, Charbon, Bois, Electricité, Réseau de fourniture)	Wh				
$\emptyset_{rejet}(h)$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement)	Wh				
Variables internes						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
θ_{min_source}	Température minimale annuelle de la source amont	°C	-	-	-	
Id_{min_source}	N° du mois durant lequel la température de la source amont est la plus faible	-	0	+	-	
$\theta_b(j)$	Température de la source amont le jour j	°C				
$\theta_{amont\_considere}(h)$	Température de la source amont prise en compte par le générateur	°C				
Constantes						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$\theta_{dep\_ch\_min}$	Valeur minimale de température de départ du réseau du groupe en chauffage en fonctionnement	°C		-	20	

Tableau 387 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.12.5 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.12.5.1 Données d'entrée figées dans le moteur de calcul

$Id_{fougen} = 3$ (mode ECS) ;

$Id_{source\_amont} = 0$ (la source amont est modélisée directement au niveau du générateur) ;

$Id_{fluide\_aval} = 1$; $Id_{fluide\_amont} = 1$; (les fluides amont et aval correspondent à de l'eau)

$Rdim = 1$ (le nombre du générateur identique par ballon est fixé à 1).

16.12.5.2 Calcul de la température de la source amont

Pour modéliser le retour du plancher chauffant ou toute autre boucle d'eau dont la température est comprise entre 20°C et 35°C, la température de l'eau de la source amont est calculée chaque mois et suit une évolution sinusoïdale au cours de l'année.

Les températures maximale et minimale de la source amont ainsi que le mois pendant lequel la température de l'eau est minimale sont définis ; l'évolution mensuelle de la température de la source amont est ainsi calculée.

$$\theta_b(j) = A + B \cdot \sin\left(2\pi \cdot \frac{num_{mois}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (2937)$$

Avec

$$A = \left(\frac{\theta_{min\_source} + \theta_{max\_source}}{2}\right) \quad (2938)$$

$$B = \left(\frac{\theta_{max\_source} - \theta_{min\_source}}{2}\right) \quad (2939)$$

$$\varphi = \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{mois\_min\_i\_source}}{6}\right) \quad (2940)$$

Donc

$$\theta_{amont\_considere}(h) = \theta_b(j) \quad (2941)$$

De plus, il est possible de fixer certains paramètres de la variation sinusoïdale. En effet, la température de la source amont se situe entre 20 et 35°C avec un minimum atteint lors de la saison de non-chauffage, c'est-à-dire en été. Ainsi, il est possible de fixer les paramètres suivants.

$$id_{mois\_min\_i\_source} = 7 \quad (2942)$$

$$\theta_{min\_source} = \theta_{dep\_ch\_min} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2943)$$

Concernant la température maximale annuelle, elle est à définir par l'utilisateur suivant quelques conditions.

- Si l'émission de chauffage s'effectue avec une température de retour constante, alors il faut saisir cette température comme température maximale annuelle de la source amont :

$$\theta_{max\_source} = \text{Valeur\_utilisateur} \quad (2944)$$

- Sinon, si l'émission de chauffage s'effectue avec une température de départ constante ou en fonction de la température extérieure, alors :

$$\theta_{max\_source} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C (fixée par défaut dans l'interface)} \quad (2945)$$

Autrement dit :

- Si Gest_2nd_Ch = 2 : Température de retour constante

$$\theta_{max\_source} = \text{valeur utilisateur} \quad (2946)$$

- Sinon

$$\theta_{max\_source} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2947)$$

16.12.5.3 Modélisation du générateur thermodynamique

Pour le générateur de base, une PAC eau de boucle/eau a été modélisée en reprenant les algorithmes relatifs aux générateurs thermodynamiques électriques « chap. 8.23 » et plus précisément les algorithmes relatifs à la PAC eau de nappe/eau en mode ECS « chap. 8.23.3.4.4 » de la méthode Th-BCE 2020¹⁹.

Néanmoins, étant donné que la plage de température de retour de la boucle de chauffage s'étend davantage de 20 à 35 °C, les températures de la matrice de performances ont été modifiées.

16.12.5.3.1 Performances à pleine charge en ECS

Les matrices de performance pour chacun des paramètres à pleine charge sont décrites ci-dessous :

- Valeur pivot de la performance (COP) en ECS ;
- Valeur pivot de la puissance absorbée (P_{abs}) en ECS ;
- Statut de la valeur pivot en ECS (0 : Valeur certifiée, 1 : Valeur justifié, 2 : Valeur déclarée, 3 : Valeur par défaut).

La matrice de performances des machines sur retour de boucle de chauffage est la suivante :

		$\Theta_{\text{amont}} \text{ }^{\circ}\text{C}$			
$\Theta_{\text{retour}} \text{ (retour boucle de chauffage)} \text{ }^{\circ}\text{C}$		20	25	30	35
$\Theta_{\text{départ}} \text{ }^{\circ}\text{C}$		17	22	27	32
$\Theta_{\text{amont}} \text{ }^{\circ}\text{C}$		18,5	23,5	28,5	33,5
$\Theta_{\text{aval}} \text{ }^{\circ}\text{C}$	Priorité	2	1	3	4
5	7				

¹⁹ Méthode de calcul Th-BCE2020 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R 172-6 du code de la construction et de l'habitation : <http://www.rt-batiment.fr/textes-reglementaires-a617.html>.

15	5				
25	3				
35	2				
45	1		Point pivot		
55	4				
65	6				

Tableau 388 – Matrice de performances de la PAC eau de boucle/eau en mode ECS.

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 25\text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 45\text{ °C}$

16.12.5.3.1.1 Calcul des performances par défaut

- Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Température aval	Température amont
$C_{\text{nav\_COP}}(35,45) = 1,2$	$C_{\text{nam\_ECS}}(20,25) = 0,9$
$C_{\text{nav\_COP}}(25,45) = 1,4$	$C_{\text{nam\_ECS}}(30,25) = 1,1$
$C_{\text{nav\_COP}}(55,45) = 0,8$	$C_{\text{nam\_ECS}}(35,25) = 1,2$
$C_{\text{nav\_COP}}(15,45) = 1,6$	
$C_{\text{nav\_COP}}(65,45) = 0,6$	
$C_{\text{nav\_COP}}(5,45) = 1,8$	

Tableau 389 – PAC eau de boucle/eau, coefficient C_{nn} pour le COP.

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam\_COP}}(5, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(2,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam\_COP}}(15, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(3,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(3,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam\_COP}}(25, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(4,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(4,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam\_COP}}(35, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(6,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(6,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam\_COP}}(55, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(7,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(7,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam\_COP}}(65, 45)
 \end{aligned}
 \tag{2948}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante.

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N\theta_{\text{aval}}$

$$\begin{aligned}
&\text{si } \{COP\_util(i,1)\} = 0 \\
&\quad \{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnav\_COP(20, 25) \\
&\text{si } \{COP\_util(i,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnav\_COP(30, 25) \\
&\text{si } \{COP\_util(i,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP\_util(i,4)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnav\_COP(35, 25)
\end{aligned}
\tag{2949}$$

– Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Température aval	Température amont
$Cnnav\_abs(35,45) = 1,1$	$Cnnav\_ECS(20, 25) = 0,95$
$Cnnav\_abs(25,45) = 1,2$	$Cnnav\_ECS(30,25) = 1,05$
$Cnnav\_abs(55,45) = 0,9$	$Cnnav\_ECS(35,25) = 0,9$
$Cnnav\_abs(15,45) = 1,3$	
$Cnnav\_abs(65,45) = 0,8$	
$Cnnav\_abs(5,45) = 1,4$	

Tableau 390 – PAC eau de boucle/eau, coefficient Cnn pour le Pabs.

– La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
&\text{si } \{ValPabs(1,2)\} = 0 \\
&\quad \{ValPabs(1,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav\_Pabs(5, 45) \\
&\text{si } \{ValPabs(2,2)\} = 0 \\
&\quad \{ValPabs(2,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav\_Pabs(15, 45) \\
&\text{si } \{ValPabs(3,2)\} = 0 \\
&\quad \{ValPabs(3,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav\_Pabs(25, 45) \\
&\text{si } \{ValPabs(4,2)\} = 0 \\
&\quad \{ValPabs(4,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav\_Pabs(35, 45) \\
&\text{si } \{ValPabs(6,2)\} = 0 \\
&\quad \{COP\_util(6,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav\_Pabs(55, 45) \\
&\text{si } \{ValPabs(7,2)\} = 0 \\
&\quad \{ValPabs(7,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav\_Pabs(65, 45)
\end{aligned}
\tag{2950}$$

– Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante.

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N\theta_{aval}$

$$\begin{aligned}
&\text{si } \{Pabs\_util(i,1)\} = 0 \\
&\quad \{Pabs\_util(i,1)\} = \{Pabs\_util(i,2)\} \times Cnnav\_Pabs(20, 25) \\
&\text{si } \{Pabs\_util(i,3)\} = 0 \\
&\quad \{Pabs\_util(i,3)\} = \{Pabs\_util(i,2)\} \times Cnnav\_Pabs(30, 25) \\
&\text{si } \{Pabs\_util(i,4)\} = 0 \\
&\quad \{Pabs\_util(i,4)\} = \{Pabs\_util(i,2)\} \times Cnnav\_Pabs(35, 25)
\end{aligned}
\tag{2951}$$

16.12.5.3.2 Fonctionnement à charge partielle en ECS

16.12.5.3.2.1 Fonctionnement en mode continu ou en cycles M/A du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable.

$Fonc\_compr = 1$ lorsque :

$$P_{fou\_LR} \geq P_{fou\_LRcontmin} \tag{2952}$$

Avec :

$$LR = \frac{P_{fou\_LR}}{P_{fou\_pc\_brut}} \quad (2953)$$

$$P_{fouLR} = \min \{Q_{req\_act} ; P_{fou\_pc}\} \quad (2954)$$

Sur la plage de fonctionnement continu du compresseur à puissance réduite, on a :

$$P_{abs} = P_{comp} + P_{aux} \quad (2955)$$

Il convient de noter que P_{compma} est par nature nul ici.

Le COP et le EER , calculés sur la consommation du compresseur seul (hors auxiliaires), varient linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement continu

En revanche, on caractérise les performances, le taux minimal de charge en fonctionnement continu, $LR_{contmin}$, et le coefficient de correction de la performance correspondant, $Ccp_{LRcontmin}$, pour l'ensemble moteur et auxiliaires. $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$ peuvent être obtenu par des essais.

En effet, du fait du mode de test on ne peut pas distinguer P_{comp} et P_{aux} .

Nota : de ce fait, P_{abs} ne varie pas linéairement avec LR .

On est donc amené à déterminer un COP_{net} ou un EER_{net} et un Ccp_{net} , c'est-à-dire hors auxiliaires. Alors Ccp_{net} varie linéairement sur la plage $LR_{contmin} ; 1$.

On présente la formulation en mode ECS :

$$COP_{pc\_net} = \frac{P_{fou\_pc}}{P_{comp\_pc}} = \frac{COP_{pc} \cdot P_{fou\_pc\_brut}}{P_{fou\_pc\_brut} - COP_{pc} \cdot P_{aux}} \quad (2956)$$

$$CCP_{LRcontmin\_net} = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp\_pc} \cdot CCP_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs\_pc} - CCP_{LRcontmin} \cdot P_{aux}} \quad (2957)$$

$$P_{comp\_pc} = P_{abs\_pc} - P_{aux} \quad (2958)$$

Un message d'alerte est envoyé lorsque : « $LR_{contmin} \cdot P_{abs\_pc} < CCP_{LRcontmin}$ »

"les données de la machine thermodynamique entrées ne permettent pas un calcul correct et ne permettent pas de juger de la conformité réglementaire du projet."

Pour un taux de charge situé entre LR_{conmin} et 1 :

$$CCP_{LR\_net} = COP_{pc\_net} \cdot \left(1 + (CCP_{LRcontmin\_net} - 1) \cdot \left(\frac{1 - LR}{1 - LR_{contmin}} \right) \right) \quad (2959)$$

$$P_{comp\_LR} = \frac{P_{fou\_LR}}{COP_{LR\_net}} \quad (2960)$$

$$P_{abs\_LR} = P_{comp\_LR} + P_{aux} \quad (2961)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou\_LR}}{P_{abs\_LR}} \quad (2962)$$

16.12.5.3.2.2 Fonctionnement en cycle marche arrêt (M/A) du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement avec :

- Les machines à régulation de compresseur tout ou rien ($\text{Fonc\_compr} = 2$) ($LR_{\text{contmin}} = 1$) ;
- Les machines à régulation de puissance variable ($\text{Fonc\_compr} = 1$), lorsque :

$$P_{\text{fouLR}} < (P_{\text{fou\_pc\_brut}} \cdot LR_{\text{contmin}}) \quad (2963)$$

Avec :

$$LR_{\text{cycl}} = \frac{P_{\text{fouLR}}}{(P_{\text{fou\_pc\_brut}} \cdot LR_{\text{contmin}})} \quad (2964)$$

$$P_{\text{fouLR}} = \min\{Q_{\text{res\_act}} ; P_{\text{fou\_pc}}\} \quad (2965)$$

Le compresseur fonctionne en cycle marche arrêt.

En valeur moyenne sur une heure, le fonctionnement est le suivant :

1) la puissance du compresseur, P_{comp} , varie linéairement entre 0 pour $LR = 0$ et $P_{\text{comp\_LRcontmin}}$ pour $LR = LR_{\text{contmin}}$,

$$P_{\text{comp\_LR}} = P_{\text{comp\_LRcontmin}} \cdot \left(1 - \frac{LR_{\text{contmin}} - LR}{LR_{\text{contmin}}}\right) \quad (2966)$$

Avec :

$$P_{\text{comp\_LRcontmin}} = \frac{P_{\text{fou\_LRcontmin}}}{COP_{LRcontmin\_net}} \quad (2967)$$

2) la puissance liée aux irréversibilités, P_{compma} , est nulle à charge nulle et à charge LR_{contmin} .

A l'intérieur de cette plage, sa valeur est égale à :

$$P_{\text{compma\_LR}} = P_{\text{comp\_LRcontmin}} \cdot \frac{D_{eq} \cdot LR_{\text{cycl}} \cdot (1 - LR_{\text{cycl}})}{D_{\text{fou0}}} \quad (2968)$$

D_{eq} est la durée équivalente liée aux irréversibilités, c'est une caractéristique de la machine. Elle peut être recalé sur des résultats d'essais à charge partielle en fonctionnement tout ou rien. Par défaut $D_{eq} = 0.5$ minute

D_{fou_0} est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond simplement au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Le tableau ci-dessous en donne les valeurs.

<i>inertie</i>	ECS
<i>typologie</i>	-
<i>D_{fou0} en min.</i>	26
<i>Typo_émetteur</i>	5

Tableau 391 – Valeurs conventionnelle de D_{fou0} en minutes pour différents systèmes d'émission.

On peut donc calculer la puissance pour chaque taux de charge :

$$P_{abs\_LR} = P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} + P_{aux} \quad (2969)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou\_LR}}{P_{abs\_LR}} \quad (2970)$$

Ainsi que le *COP* ou l'*EER* correspondant.

Nota 1 : dans le cas général, ni P_{abs} , ni *COP* (ni *EER*) ne sont linéaires. Si P_{compma} est négligeable, les pertes sont fonction linéaire de *LR* (et pas le *COP*).

16.12.5.3.2.3 Valeurs déclarées et par défaut

Type de fonctionnement :

– Valeur déclarée

Le fonctionnement est un fonctionnement en mode continu du compresseur, Les valeurs peuvent être :

Statut_Fonctionnement_C :

– Valeur certifiée

– Valeur justifiée, les valeurs justifiées sont calculées comme suivant :

1. $LR_{contmin}$ de calcul = $LR_{contmin}$ mesuré + 0.05.

2. $Ccp_{LRcontmin}$ de calcul = $Ccp_{LRcontmin}$ mesuré * 0.9.

3. Part de la puissance électrique des auxiliaires : P_{aux}/P_{abs_nom} de calcul = 1.1 * P_{aux}/P_{abs_pc} mesuré. D_{eq} de calcul = D_{eq} mesuré + 0.2 min

– Valeur par défaut, la valeur par défaut définies ci-après :

4. $LR_{contmin}$ de calcul = 0.4.

– $Ccp_{LRcontmin}$ de calcul = 1.

– Part de la puissance électrique des auxiliaires : P_{aux}/P_{abs_nom} de calcul = 0.02.
 D_{eq} de calcul = 0.5 min.

16.12.5.3.2.4 Calcul des données de sortie à l'issue du traitement en mode ECS

Le calcul des données de sortie pour le mode ECS est décrit comme suivant :

$$Q_{cef-ecs(id_{engen})}(h) = P_{abs\_LR}(h) \cdot Rdim \quad (2971)$$

$$\eta_{eff\_ecs}(h) = COP_{LR}(h) \quad (2972)$$

$$Q_{fou-ecs}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (2973)$$

$$Q_{rest-ecs}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (2974)$$

$$\tau_{charge-ecs}(h) = LR(h) \quad (2975)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en ECS. Pour le mode ECS, la quantité d'énergie se calcul comme suivant :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp\_LR} + P_{compma\_LR} - P_{fou\_LR}) \times Rdim \quad (2976)$$

16.12.5.4 *Prise en compte de l'impact du CET sur les besoins de chauffage*

Pour prendre en compte l'impact dynamique du fonctionnement du CET sur la température du groupe dû au rafraîchissement de la température du plancher chauffant, les rejets du CET sont imputés aux pertes thermiques et aux puissances des auxiliaires transmises à l'ambiance.

$$\phi_{vc}(h) = \phi_{rejet}(h)/0,6 \quad (2977)$$

16.13 C_GEN_PAC_sur_eaux_grises

16.13.1 DESCRIPTION GENERALE

Le système de PAC sur Eaux grises avec stockage est un système de récupération de chaleur sur les eaux usées. L'énergie thermique ainsi récupérée est recyclée dans les installations d'eau chaude collectives via une pompe à chaleur eau/eau.

Le système est composé :

- D'un système de transit ou de stockage des eaux ménagères au sens de la NF EN 16323 (également appelées eaux grises) pouvant différer suivant l'emploi du système ERS de Biofluides ou PAC FACTEUR 7 de Solaronics Chauffage
- D'une pompe à chaleur sur eaux grises avec la présence éventuelle d'un préchauffeur sur l'eau froide
- D'un ballon de stockage classique ou à pression variable. Dans le cas du ballon variable, le système permet de produire (suivant le dimensionnement) **tout le besoin sans appoint ou alors avec un appoint séparé instantané (notamment pour le maintien de la boucle en température).**
- D'un générateur d'appoint (le cas échéant)

Le système ERS est composé de :

- Une cuve de transit d'eaux grises
- Un ballon de captage
- Une ou plusieurs pompes à chaleur avec ou sans préchauffeur statique, éventuellement alimentée directement en électricité par un appoint ECS de type micro-cogénération pilotée par l'ERS et permettant une compression entraînée par un moteur thermique.
- Un ou plusieurs ballons de stockage classique

Le système PAC FACTEUR 7 est composé de :

- une pompe à chaleur électrique ou moteur gaz
- une pompe d'amenée d'eaux grises à la PAC
- un échangeur préchauffeur statique
- des ballons (au moins 2) de stockage d'eau chaude, pouvant être classique ou à niveau variable
- un compresseur d'air sec (pour stockage à niveau variable)
- des ballons de stockage d'eaux grises à niveau variable
- un filtre automatique
- un système de régulation simple.

16.13.2 DOMAINE D'APPLICATION

Le champ d'application du système PAC sur eaux grises avec stockage s'étend à **toutes les typologies de bâtiments soumises à la RE2020, hors maisons individuelles ou accolées**, pourvu qu'une production d'eau chaude soit demandée, tout en ayant à disposition une source d'énergie tiède en phase liquide.

La prise en compte du système PAC sur eaux grises avec stockage est possible dans le cas où la récupération d'eaux grises est possible.

Les réseaux de distribution entre la PAC et les ballons sont à minima **de classe 2** et régulièrement maintenus à une température supérieure à 50°C.

La prise en compte des eaux grises issus des eaux de lave-linge et lave-vaisselle est possible uniquement dans le cas d'un projet de bâtiment à usage résidentiel collectif.

16.13.3 METHODE DE PRISE EN COMPTE

Le système PAC sur EG est modélisé par six éléments. Suivant la configuration du système PAC sur EG du projet, la modélisation fait appel ou non à ces éléments

Le premier est la prise en compte des « Eaux grises ». Elle assure le calcul à partir des indicateurs temporels de la quantité d'eaux grises disponibles.

Le deuxième est de type « Source amont » qui décrit les sources amont de type eaux grises pouvant être liées à la PAC sur eaux grises.

Le troisième est de type « Pompe à chaleur » qui permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques ayant pour source amont les eaux grises. Ces systèmes peuvent être soit à compression électrique soit à moteur gaz (compresseur mécanique entraîné par un moteur thermique) en fonctionnement ECS.

Le quatrième est de type « Production Stockage », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir le modèle correspondant au système PAC FACTEUR 7 à savoir un chauffe-eau avec base et à appoint séparé instantané.

Le cinquième est de type « Gestion Régulation », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et définit l'énergie à fournir par le générateur pour couvrir les besoins ECS.

Le sixième est de type « Ballon de stockage », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et décrit le fonctionnement du ballon de stockage à volume variable du système PAC FACTEUR 7.

16.13.4 FICHE ALGORITHME : CALCUL DU VOLUME D'EAUX GRISES AVEC PRISE EN COMPTE DES EAUX DE LAVAGE POUR LE SYSTEME PAC SUR EAUX GRISES TYPE ERS ET FACTEUR 7

16.13.4.1 Introduction

Les besoins d'ECS sont déterminants dans la prise en compte du système PAC sur eaux grises avec stockage. Ils représentent la quantité d'ECS à fournir par le système de production, et influencent aussi la quantité d'eaux grises qui sera utilisable pour la récupération de chaleur.

Actuellement, dans le cas général décrit dans la fiche *C_EIN_besoins_ECS*, les eaux de laves linges et laves vaisselles ne sont pas intégrées dans la quantité d'eaux grises émises par les différents usages. Ces volumes d'eaux chauffées n'interviennent pas non plus dans les besoins en eau chaude sanitaire, puisque la majorité de ces appareils sont raccordées en eau froide. Les eaux de lavage sont chauffées par la résistance électrique interne aux appareils. Ces eaux, chauffées entre 30 et 90°C, participent au rendement énergétique de la PAC sur eaux grises avec stockage sont donc prises en compte dans cette fiche algorithme.

16.13.4.2 Nomenclature du modèle

Pour les besoins et émissions en ECS repris de la méthode de calcul générique ainsi que les constantes et paramètres intrinsèques pour la prise en compte des eaux de lavage.

Entrées

Nom	Description	Unité
$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	Entier
ah	Clé de répartition horaire	-
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS (dépend de la zone climatique)	°C
Sorties		
Nom	Description	Unité
T_{hor}^{EG}	Température des eaux grises	°C
V_{hor}^{EG}	Volume horaire des eaux grises à la température T_{hor}^{EG}	L

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
gain _{em-e}	Gain sur les besoins d'ECS dû aux émetteurs d'ECS	-	0	$+\infty$	
Rat _{douches-bains}	Pourcentage conventionnel des besoins d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains	-	0	1	
gain _{app-e}	Gain sur les besoins d'ECS dû aux appareils sanitaires d'ECS	-	0	$+\infty$	
Usage _{zone}	Type d'usage de la zone				
Is_LL_LV	Indicateur de présence de lave-linge et lave-vaisselle	bool			

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A^{gr}	Surface utile du groupe	m ²	0	$+\infty$	-
Rat _{eme^{gr,em-e}}	Ratio de surface du groupe desservi par un émetteur ECS équivalent	-	0	1	-
Nu _{gr,em-e}	Nombre d'unités caractéristiques desservies par un émetteur ECS équivalent (pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logement collectif)	-	0	$+\infty$	
Nb _{igt-e^{gr,em-e}}	Nombre de logements desservis par un émetteur ECS équivalent (pour un logement collectif)	-	1	$+\infty$	

$Nb_{maison}^{gr,em-e}$	Nombre de maisons desservies par un émetteur ECS équivalent (pour des maisons individuelles, >1 pour les maisons accolées)	-	1	$+\infty$	
M_{part}^{em-e}	Matrice de représentativité des trois catégories d'émetteurs (1-mélangeurs et autres / 2-mitigeurs thermostatiques et mécaniques économes/ 3-électroniques et temporisateurs)	-	-	-	
$Part^{em-e}_{autre}$	Part des besoins d'ECS passant par des mélangeurs, pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
$Part^{em-e}_{mit\_thermo}$	Part des besoins d'ECS passant par des mitigeurs thermostatiques et les mitigeurs mécaniques économes, pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
$Part^{em-e}_{tempo}$	Part des besoins d'ECS passant par des robinets électroniques et les temporisateurs (électroniques ou mécaniques), pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
App_ECS	Type d'appareils sanitaires ECS lié à l'émetteur ECS équivalent (= 1 si douche(s) seule(s) / = 2 si baignoire standard / = 3 si grande baignoire)	-	1	3	
Id _{corr}	Mode de calcul du coefficient correctif de l'émission équivalente d'ECS (= 0 calcul détaillé / = 1 calcul simplifié)	-	0	1	-
Corr_util ^{gr,em-e}	Valeur à saisir du coefficient correcteur	-	0	1	-

Constantes du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Débit _{heb_LL}	Volume hebdomadaire d'eau de lavage en lave-linge par adulte équivalent	$L.sem^{-1}$ $.Nb_{ad\_eq}$ 1	-	-	24
Débit _{heb_LV}	Volume hebdomadaire d'eau de lavage en lave-vaisselle par adulte équivalent	$L.sem^{-1}$ $.Nb_{ad\_eq}$ 1	-	-	13.2
θ^{LL}	Température des eaux grises issues des laves linges	°C			33
θ^{LV}	Température des eaux grises issues des laves vaisselles	°C			48
θ_{uw}	Température de l'eau mitigée au point de puisage	°C			40

16.13.4.3 Assemblage des composants

16.13.4.3.1 Emissions d'ECS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche $C\_EIN\_emissions\_ECS$ est repris. On ne considère que les équations traitant du volume d'ECS. On souhaite ici calculer le coefficient correcteur appliqué à chaque appareil sanitaire émetteur d'ECS.

On calcule les besoins d'ECS par émission équivalente avec les 2 paramètres suivants :

- Le ratio de surface utile du groupe desservi $Rat_{eme}^{gr,em-e}$;
- Le nombre d'unités concernées (maisons accolées, logements).

Il est important que la somme des ratios de surface utile du groupe desservi soit égal à 1.

$$\sum_{em-e} Rat_{eme}^{gr,em-e} = 1 \quad (2978)$$

La surface du groupe desservi par un émetteur ECS s'exprime de la façon suivante :

$$A^{gr,em-e} = Rat_{eme}^{gr,em-e} \cdot A^{gr} \quad (2979)$$

L'utilisateur attribue le pourcentage des besoins d'ECS qui passe par les 3 catégories d'émetteurs :

$$M_{part_{em-e}^{em-e}} = [Part_{autre}^{em-e}; Part_{mit\_thermo}^{em-e}; Part_{tempo}^{em-e}] \quad (2980)$$

La somme de ces coefficients doit être égale à 1. Pour chaque catégorie on associe un gain potentiel sur les besoins d'ECS :

- Mélangeurs, mitigeurs mécaniques et autres : 0% ;
- Mitigeurs thermostatiques et mitigeurs mécaniques économes : 5% ;
- Temporisateurs et robinets électroniques : 7%.

On calcule donc un coefficient de correction sur les besoins d'ECS associés :

$$corr_{em-e}^{gr,em-e} = 1 - \sum_i M_{part_{em-e}(i)} \cdot gain_{em-e}(i) \quad (2981)$$

On nomme $Rat_{douches-bains}$ le pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou bains. Il est de 80% pour les maisons individuelles ou accolées et logements collectifs ; de 90% pour les hôtels partie nuit, hébergement et établissements sportifs ; de 50% pour les établissements d'accueil de la petite enfance et les bureaux. On suppose aussi un gain (positif ou négatif) en fonction du type d'appareils sanitaires.

Le coefficient correctif global appliqué aux appareils sanitaires est donc :

$$corr_{app-e}^{gr,em-e} = 1 - (Rat_{douches-bains} \cdot gain_{app-e}) \quad (2982)$$

Globalement, on a donc :

- Si $Id_{corr} = 0$ (Calcul détaillé)

$$corr_e^{gr,em-e} = corr_{app-e}^{gr,em-e} \cdot corr_{em-e}^{gr,em-e} \quad (2983)$$

- Si $Id_{corr} = 1$ (Calcul simplifié)

$$corr_e^{gr,em-e} = corr_{util}^{gr,em-e} \quad (2984)$$

16.13.4.3.2 Besoin d'ECS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche *C_EIN_besoins_ECS* est repris. On ne considère que les équations traitant du volume d'ECS.

Le volume d'eau chaude mitigée exprimé en litres pour une heure donnée vaut :

$$V_{uw}(h) = a \cdot ah \cdot Nu \quad (2985)$$

Le volume total hebdomadaire d'ECS est le produit des besoins unitaires a (en nombre de litres d'eau à la température θ_{cw}) et du nombre d'unités caractéristiques de l'émetteur ECS équivalent $N_{gr,em-e}$.

Pour les usages maison individuelle ou accolée et logements collectifs, le nombre d'unités est le nombre d'adultes équivalents N_{adeq} , calculée à partir de la fiche algorithme des scénarios conventionnels.

En usage logements collectifs ($Usage_{zone} = 2$), la surface moyenne d'un logement desservi par l'émetteur ECS équivalent vaut :

$$A_{lgt}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{lgt-e}^{gr,em-e}} \quad (2986)$$

On calcule ensuite :

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} < 10m^2 \\ 1,75 - 0,01875 \cdot (50 - A_{lgt}^{gr,em-e}) & \text{si } 10m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} < 50m^2 \\ 0,035 \cdot A_{lgt}^{gr,em-e} & \text{si } 50m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} \end{cases} \quad (2987)$$

Le nombre d'adultes équivalents total est défini par :

$$Nu_{\blacksquare}^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{lgt-e}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} < 1,75 \\ 1,75 & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} \geq 1,75 \end{cases} \quad (2988)$$

On exprime ensuite les besoins unitaires :

$$a^{gr,em-e} = \min \left(500; \left(40 \cdot \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (2989)$$

On arrive donc à un volume hebdomadaire à θ_{uw} par émetteur ECS équivalent :

$$V_{uw\_hebdo}^{gr,em-e} = a^{gr,em-e} \cdot Nu^{gr,em-e} \quad (2990)$$

Pour valoriser les appareils économes en ECS, on applique un FACTEUR correctif :

$$V_{uw\_hebdo\_corr}^{gr,em-e} = V_{uw\_hebdo}^{gr,em-e} \cdot corr_e^{gr,em-e} \quad (2991)$$

Pour chaque usage, les profils de soutirage sont définis et détaillés dans les scénarios. Ils varient en fonction du mois de l'année et du jour de la semaine, ainsi que de l'heure de la journée. On obtient ainsi une répartition du nombre de litre d'eau total hebdomadaire à θ_{uw} par émetteur ECS équivalent selon une clé de répartition horaire ah .

$$V_{uw\_hor\_corr}^{gr,em-e}(h) = V_{uw\_hebdo\_corr}^{gr,em-e} \cdot ah \quad (2992)$$

16.13.4.3.3 Volume d'eaux grises

On peut ensuite calculer le volume hebdomadaire d'eaux grises de lavage en fonction du nombre d'adultes équivalents :

- Pour les laves linge :

$$V_{hedbo}^{LL} = Nadeq \cdot Débit_{heb_{LL}} \cdot IsLL_{LV} \quad (2993)$$

- Pour les laves vaisselle :

$$V_{hedbo}^{LV} = Nadeq \cdot Débit_{heb_{LV}} \cdot IsLL_{LV} \quad (2994)$$

A chaque pas de temps, le volume d'eaux grises issues des laves linge et laves vaisselles peut être exprimé :

- Pour les laves linge :

$$V_{hor,corr}^{LL}(h) = V_{hedbo}^{LL} \cdot clé_{hor}^{LL} \cdot f_{corr}^{LL} \quad (2995)$$

- Pour les laves vaisselle :

$$V_{hor,corr}^{LV}(h) = V_{hedbo}^{LV} \cdot clé_{hor}^{LV} \cdot f_{corr}^{LV} \quad (2996)$$

en appliquant la clé de répartition pour chaque heure de la journée et chaque jour de la semaine, puis le facteur correctif mensuel.

On peut ensuite obtenir le volume total d'eaux grises :

$$V_{hor}^{EG}(h) = V_{hor}^{LL}(h) + V_{hor}^{LV}(h) + V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h) \quad (2997)$$

On peut enfin calculer la température d'arrivée des eaux grises au système PAC sur eaux grises avec stockage :

$$T_{hor}^{EG}(h) = \frac{\theta^{LL} \cdot V_{hor}^{LL}(h) + \theta^{LV} \cdot V_{hor}^{LV}(h) + (\theta_{uw} - 7) \cdot V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h)}{V_{hor}^{LL}(h) + V_{hor}^{LV}(h) + V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h)} \quad (2998)$$

où $\theta^{LL} = 33^{\circ}\text{C}$ et $\theta^{LV} = 48^{\circ}\text{C}$ sont les températures moyennes après pertes en lignes des eaux de lavage des laves linge et laves vaisselles.

Les clés de répartition horaire et facteurs correctifs de la semaine pour les eaux grises issues des laves linge et laves vaisselles sont présentées ci-dessous.

	Clé de répartition horaire d'utilisation des lave-linge																							
jour/semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
2	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
3	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
4	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
5	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
6	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,013	0,017	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,004	0,004	0,002
7	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,013	0,017	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,004	0,004	0,002

	Clé de répartition horaire d'utilisation des lave-vaisselle																							
jour/semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
2	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
3	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
4	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
5	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
6	0,008	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,008	0,008	0,008	0,012	0,014	0,012	0,009	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008
7	0,008	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,008	0,008	0,008	0,012	0,014	0,012	0,009	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008

	Facteur correctif de la semaine Lave-linge											
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0	0,9	1	1	1
2	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0	0,9	1	1	1
3	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	1
4	1,15	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	0
5			1,1		1			0,8			1	

	Facteur correctif de la semaine Lave-vaisselle											
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0	1	1,1	1	1,05
2	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0	1	1,1	1	1,05
3	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0,85	1	1,1	1	1,05
4	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0,85	1	1,1	1	0
5			1,1		1			0,85			1	

16.13.5 FICHE ALGORITHME : SOURCE AMONT POUR LE SYSTEME PAC SUR EAUX GRISES AVEC STOCKAGE TYPE ERS ET FACTEUR 7

16.13.5.1 Introduction

Cette fiche décrit les sources amont de type eaux grises pouvant être liées à la PAC sur eaux grises.

16.13.5.2 PAC FACTEUR 7

On décrit dans un premier temps le modèle du ballon d'eaux grises, servant de source amont à la PAC pour le système PAC FACTEUR 7.

16.13.5.2.1 Nomenclature du modèle

Entrées ²⁰				
Nom	Description	Unité	Intervalle ²¹	Def ²²
$T_{hor}^{EG}(h)$	Température des eaux grises	°C		
$V_{hor}^{EG}(h)$	Volume horaire des eaux grises à la température T_{hor}	L		
$Q_{fouPAC}(h - 1)$	Puissance fournie par la PAC au ballon de stockage lors de l'heure précédente	W		

Paramètres du module ²³				
Nom	Description	Unité	Intervalle ²⁴	Def
V_{tot_GW}	Volume total du ballon d'eaux grises	L	$[0, +\infty[$	
$(UA)_{s\_GW}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises	W/K	$[0, +\infty[$	-
Statut_donnée_UA_s_GW	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 3 - Certifiée	-	{1 , 3}	-

²⁰ Valeurs opérées par d'autres modules

²¹ Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mention contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

²² Valeur par défaut

²³ Rentrés par l'utilisateur

²⁴ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mention contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

	2 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 1 - Par défaut			
L_vc_coll_e	Longueur totale du collecteur des eaux grises	m	[0, +∞[	-
UA_collecteur_GW	Coefficient de pertes thermiques du collecteur	W/m.K	[0, +∞[	-
ECS_EG	Emetteur(s) d'ECS connecté(s) au ballon de récupération d'eaux grises {Usage de la zone, surface du groupe, Ratem-e,nb d'unités caractéristiques, idcorr_em, %mélangeur, %mitigeur, %temporisateur, app_ecs, corr_util}	-		

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
Pe _{GW} (h)	Pertes thermiques du ballon d'eaux grises à la fin du pas de temps h	W	[0, +∞[	
θ _{amont} (h)	Température amont	°C	[0, 100]	

Variables internes ²⁵				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
(UA) _{s_util_GW}	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	[0, +∞[	-
Pe _{z_GW}	Pertes thermiques de la zone du ballon d'eaux grises	W	[0, +∞[	-
Vz_GW	Volume de la zone d'eaux grises du ballon	L	[0, +∞[	-
U _{z_GW}	Pertes thermiques de la zone d'eaux grises du ballon	W/K	[0, +∞[	
θ _{collecteur_GW}	Température de l'eau entrant dans le collecteur	°C	[0, 100]	
Pe _{collecteur_GW}	Pertes thermiques au niveau du collecteur d'eaux grises	W	[0, +∞[	-

²⁵ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

V_p	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	L	$[0, +\infty[$	
$\theta_{z\_GW}(h-1)$	Température de la zone au pas de temps h-1	°C	$[0, 100]$	-
$V_{p\_GW}(h-1)$	Volume d'eaux grises puisé du ballon à la température $\theta_{z\_GW}(h)$	L	$[0, +\infty[$	-
$V_{c\_GW}(h-1)$	Volume d'eaux grises introduit dans le ballon en provenance d'usages	L	$[0, +\infty[$	-
$\theta_{c\_GW}(h)$	Température des eaux grises à l'entrée du ballon	°C	$[0, 100]$	-

Constantes ²⁶				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	-	1,163
θ_{puisage}	Température de puisage	°C	$[0, 100]$	40
θ_{amb}	Température de l'air ambiant	°C	$[0, 100]$	20

16.13.5.2.2 Description du ballon de stockage d'eaux grises

Le ballon de stockage d'eaux grises est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du système. Le stockage est également un stockage à niveau variable et donc la température est considérée constante pour deux raisons :

- > les eaux grises entrent par la partie supérieure du ballon et sortent en partie basse
- > la température de stockage est relativement proche de la température d'ambiance, ce qui fait que les déperditions sont minimales.

Donc, le volume d'eau dans le ballon d'eaux grises est considéré comme une seule zone.

16.13.5.2.3 Description mathématique

16.13.5.2.3.1 Initialisation des variables

$$\theta_{z\_GW}(0) = 33 \quad (2999)$$

²⁶ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

La valeur de V_{z_GW} est initialisée à 0.

16.13.5.2.3.2 Calcul des volumes disponibles

Le volume d'eaux grises V_{c_GW} est égal au volume d'eaux grises V_{hor}^{EG} issu du calcul des eaux grises.

16.13.5.2.3.3 Canalisation des eaux grises

> La température des eaux grises à l'entrée du collecteur au sous-sol est telle que :

$$\theta_{CollecteurGW}(h) = T_{hor}^{EG}(h) \quad (3000)$$

Ensuite, afin de déterminer la température des eaux grises à l'entrée du ballon d'eaux grises, les déperditions thermiques du collecteur sont calculées en fonction du diamètre du conduit et du coefficient de perte $UA_{collecteur\_GW}$.

$$\theta_{c\_GW}(h) = \theta_{collecteur\_GW}(h) - \frac{Pe_{collecteur\_GW}(h)}{UA_{collecteur\_GW}} \quad (3001)$$

On considère que les calculs pour le pas de temps h sont faits au début de ce pas de temps. Ce qui arrive au moment h dépend donc de ce qu'il s'est produit dans le pas de temps précédent.

Le volume horaire puisé d'eaux grises est obtenu à partir du volume d'eaux grises puisées par le générateur lors de l'heure d'avant

$$V_{p\_GW}(h-1) = Q_{fouPAC}(h-1) / ((\theta_{amont}(h-1) - 5) \cdot \rho_w \cdot c_w)$$

Ensuite, le volume de la zone z du ballon d'eaux grises est calculé par :

$$V_{z\_GW}(h) = \min(V_{z\_GW}(h-1) + V_{c\_GW}(h-1) - V_{p\_GW}(h-1), V_{tot\_GW}) \quad (3002)$$

16.13.5.2.3.4 Calcul des pertes

Le coefficient de pertes du ballon d'eaux grises est constant et appliqué au volume d'eaux grises existant :

$$UA_{S\_util\_GW} = UA_{S\_GW} \times 1,2 \quad (3003)$$

car la valeur est déclarée.

$$(3004)$$

$$U_{z\_GW} = UA_{s\_util\_GW} \cdot \frac{V_{z\_GW}}{V_{tot\_GW}}$$

Les pertes sont les pertes thermiques du ballon d'eaux grises vers l'air ambiant. Les pertes de la zone z sont données par l'équation :

$$Pe_{z\_GW}(h) = U_{z\_GW} \times (\theta_{z\_GW}(h-1) - \theta_{amb}(h)) \quad (3005)$$

Les pertes du ballon d'eaux grises sont telles que :

$$Pe_{GW} = Pe_{z\_GW} \quad (3006)$$

car le ballon est formé d'un seul volume.

16.13.5.2.3.5 Calcul de la température de la zone du ballon d'eaux grises au pas de temps précédent

La température des eaux grises dans la cuve est déterminée en deux étapes.

> Détermination d'une température intermédiaire après l'effet de la perte thermique

$$\theta_{z\_GW}(h) = \theta_{z\_GW}(h-1) - \frac{Pe_{z\_GW}(h-1)}{V_{z\_GW}(h-1) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (3007)$$

> Détermination de la température finale après les éventuels mélanges d'eaux grises entrant dans la cuve

$$\theta_{z\_GW}(h) = \frac{V_{z\_GW}(h-1) \cdot \theta_{z\_GW}(h) + V_{c\_GW}(h-1) \cdot \theta_{c\_GW}(h-1)}{V_{z\_GW}(h-1) + V_{c\_GW}(h-1)} \quad (3008)$$

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{z\_GW}(h)$$

16.13.5.3 ERS

On décrit ici le fonctionnement de la source amont de la PAC pour le système ERS.

16.13.5.3.1 Nomenclature du modèle

Entrées ²⁷				
Nom	Description	Unité	Intervalle ²⁸	Def ²⁹
$Q_{\text{amontPAC}}(h-1)$	Quantité de chaleur prélevée par la PAC au pas de temps précédent	J		
$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température ambiante (de l'endroit où est la cuve, déterminée au niveau de la génération ERS)	°C		
R_{dim}	Ratio de dimensionnement du générateur			
$T_{\text{charge}}^{\text{gnr}}(h)$	Taux de charge de la PAC au pas de temps h.			
P_{MaxPAC}	Puissance maximale de la PAC	W		
$T_{\text{hor}}^{\text{EG}}$	Température des eaux grises	°C		
$V_{\text{hor}}^{\text{EG}}$	Volume horaire des eaux grises à la température $T_{\text{hor}}^{\text{EG}}$	L		

Paramètres du module ³⁰				
Nom	Description	Unité	Intervalle ³¹	Def
θ_{EGmin}	Température minimum de sortie des eaux grises	°C		6
θ_{amontMin}	Température minimum du circuit de captage	°C		1
$V_{\text{Ballon Amont}}$	Volume du ballon tampon de captage ERS	L		
UA_{Surface}	Coefficient d'échange de la cuve ERS par unité de surface d'échange	W/K.m ²		
$S_{\text{éch}}$	Surface d'échange de la cuve	m ²		
$V_{\text{éch}}$	Volume de la zone échangeur	L		
V_{dec}	Volume de la zone décanteur	L		

Sorties

²⁷ Valeurs opérées par d'autres modules

²⁸ Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

²⁹ Valeur par défaut

³⁰ Rentrés par l'utilisateur

³¹ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$\theta_{\text{retour amont}}(h)$	Température amont du générateur gnr, dans le cas des générateurs thermodynamiques	°C		
$P_{\text{maxSourceAmont}}$	Puissance maximale disponible	W		

Variables internes ³²				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$UA_{\text{échangeur}}$	Coefficient d'échange total de la cuve ERS	W/K		
θ_e	Température de l'entrée du bac récupérateur du système ERS	°C		
$V_{\text{ERS}}(h)$	Volume d'eau horaire à θ_{uw} pour le système de préparation ERS	L		
$U_{\text{éch}}$	Coefficient de perte de la zone échangeur de la cuve	W/K		
$R(h)$	Ratio du volume d'eau grise arrivant sur le volume de cuve	-		
$V_{\text{PR}}(h)$	Volume d'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps	L		
$V_{\text{PS}}(h)$	Volume d'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps (dû à l'arrivée d'eau grise nouvelle)	L		
$V_{\text{NR}}(h)$	Volume d'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps	L		
$V_{\text{NS}}(h)$	Volume d'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps	L		
$C_{\text{thermPR}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume PR	-		
$C_{\text{thermPS}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume PS	-		
$C_{\text{thermNR}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume NR	-		
$C_{\text{thermNS}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume NS	-		
$\theta_{\text{EGéchMoy}}(h)$	Température moyenne des eaux grises vue par les échangeurs	°C		
$\theta_{\text{amontPAC-Cuve}}(h)$	Température départ amont de la PAC et entrant dans la cuve	°C		
$\theta_{\text{amontBallon-PAC}}(h)$	Température du ballon de captage de PAC	°C		
$\theta_{\text{PR}}(h)$	Température moyenne du volume PR au début du pas de temps	°C		

³² Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$\theta_{PS}(h)$	Température moyenne du volume PS au début du pas de temps	°C		
$\theta_{NR}(h)$	Température moyenne du volume NR au début du pas de temps	°C		
$\theta_{NS}(h)$	Température moyenne du volume NS au début du pas de temps	°C		
$\theta_{PR\ finale}(h)$	Température moyenne du volume PR après captage	°C		
$\theta_{PS\ finale}(h)$	Température moyenne du volume PS après captage	°C		
$\theta_{NR\ finale}(h)$	Température moyenne du volume NR après captage	°C		
$\theta_{NS\ finale}(h)$	Température moyenne du volume NS après captage	°C		
$\theta_{EGéchRestantMitigé}$	Température moyenne de l'eau grise restant dans la zone échangeur	°C		
$\theta_{EGéchRestantFinale}$	Température moyenne de l'eau grise restant dans la zone échangeur après l'application des pertes thermiques	°C		
$P_{Cuve}(h)$	Puissance thermique prélevée dans la cuve	W		
$P_{CuveMaxEchange}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve selon la température minimum amont et le coefficient d'échange	W		
$P_{CuveMaxPotentielle}$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve selon la température minimum eaux grises	W		
$P_{CuveMax}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve	W		
$P_{CuveBrute}(h)$	Puissance thermique non saturée prélevée dans la cuve	W		
$Q_{CuvePrélèvPR}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume PR	J		
$Q_{CuvePrélèvNR}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume NR	J		
$Q_{CuvePrélèvNS}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume NS	J		

Constantes ³³				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$U_{déc}$	Coefficient de pertes de la zone décanteur	W/K		8,5
ρ_w	Masse volumique de l'eau	Kg/L		1
$UA_{pertes\_surface\_ech}$	Coefficient de pertes dans la zone échangeur par unité de surface	W/K.m ²		1.6
$UA_{surface}$	Coefficient d'échange par unité de surface	W/K.m ²		170

³³ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

c_w	Capacité calorifique de l'eau	W/kg. K		1,163
Δ_{amontPAC}	Différence de température moyenne entre l'entrée et la sortie amont de la PAC en fonctionnement	°C		5

16.13.5.3.2 Description de la cuve ers

La cuve ERS récupère les calories des eaux grises et les transfère au circuit évaporateur de la PAC. Il s'agit donc d'un élément central de l'ERS. La cuve est décomposée en deux zones : une zone décanteur et une zone échangeur.

16.13.5.3.3 Description mathématique

Au début de chaque heure, on initialise la température et le débit des eaux grises :

$$\theta_e(h) = T_{\text{hor}}^{\text{EG}}(h) \quad (3009)$$

$$V_{\text{ERS}}(h) = V_{\text{hor}}^{\text{EG}}(h) \quad (3010)$$

16.13.5.3.3.1 Détermination de la température moyenne des eaux grises dans la cuve intégrée sur le pas de temps

Considérons que l'eau grise sortant du bâtiment n'arrive pas instantanément au début du pas de temps d'une heure, mais pendant la durée de ce pas de temps d'une heure.

16.13.5.3.3.1.1 Volumes d'eau grise

L'eau grise sera considérée en quatre volumes, fonction du volume horaire et du volume de cuve.

1. L'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps :

$$V_{\text{PR}}(h) = \max(0; V_{\text{éch}} - V_{\text{ERS}}(h)) \quad (3011)$$

2. L'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps (dû à l'arrivée d'eau grise nouvelle) :

$$V_{\text{PS}}(h) = \min(V_{\text{éch}}; V_{\text{ERS}}(h)) \quad (3012)$$

3. L'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps :

$$V_{\text{NR}}(h) = V_{\text{PS}}(h) \quad (3013)$$

4. L'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps :

$$V_{\text{NS}}(h) = \max(0; V_{\text{ERS}}(h) - V_{\text{éch}}) \quad (3014)$$

Notons également que si le volume d'eau grise nouvelle et sortante est non nul, le volume d'eau grise présente et restante est nul, et inversement. Pour un pas de temps donné, il n'y a donc que 3 volumes actifs.

16.13.5.3.3.1.2 Coefficients de puissance thermique

La somme des puissances d'échange thermique de chacun des 4 volumes d'eaux grises peut être défini comme suit pour chaque pas de temps :

$$P_{CuveBrute} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \left((\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) h_{XX} \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} S_{XX \text{ éch}}(t) dt \right) \quad (3015)$$

En introduisant la surface d'échangeur totale $S_{éch}$:

$$P_{CuveBrute} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \left((\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) h_{XX} S_{éch} \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{éch}} dt \right) \quad (3016)$$

En considérant le coefficient de convection h_{XX} invariable sur les quatre volumes eaux grises, nous posons :

$$h_{XX} \cdot S_{éch} = UA_{échangeur} \quad (3017)$$

La participation potentielle de chacun de ces volumes à l'échange thermique est donc pondérée par un coefficient. Ce coefficient d'échange thermique potentiel est défini comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange totale de la cuve E.R.S. Nommons ces quatre coefficients $C_{therm_{XX}}$.

$$C_{therm_{XX}} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{éch}} dt \quad (3018)$$

L'équation devient :

$$P_{CuveBrute} = UA_{échangeur} \times \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} (\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) C_{therm_{XX}} \quad (3019)$$

$$P_{CuveBrute} = UA_{\text{échangeur}} \times \left(\sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \theta_{XX} C_{therm_{XX}} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}} \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} C_{therm_{XX}} \right) \quad (3020)$$

La somme des surfaces d'échange sur un pas de temps étant égale à la surface des échangeurs :

$$\sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \int_{\text{pas de temps}} S_{XX \text{ éch}}(t) = S_{\text{éch}} \quad (3021)$$

Donc :

$$\sum_{XX=PR;PS;NR;NS} C_{therm_{XX}} = 1 \quad (3022)$$

Et en définissant $\theta_{EGéchMoy}$ comme la somme suivante :

$$\theta_{EGéchMoy(h)} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \theta_{XX(h)} C_{therm_{XX(h)}} \quad (3023)$$

Nous retrouvons l'équation utilisable :

$$P_{CuveBrute(h)} = UA_{\text{échangeur}} \times (\theta_{EGéchMoy(h)} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)}) \quad (3024)$$

Il faut maintenant exprimer ces coefficients $C_{therm_{XX}}$.

$$C_{therm_{XX}} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{\text{éch}}} \quad (3025)$$

$$C_{therm_{XX}} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} \times \frac{S_{XX \text{ éch max}}}{S_{\text{éch}}} \quad (3026)$$

16.13.5.3.3.1.3 Taux de présence

Nous allons tout d'abord définir le taux de présence comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange maximale de cette eau grise.

$$TauxPrésence_{XX} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} dt \quad (3027)$$

Les échangeurs de la cuve (ou éléments) verticaux étant uniformément répartis dans la zone échangeur, la surface d'échange est considérée proportionnelle au volume présent dans la cuve.

$$\frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} \cong \frac{V_{XX \text{ éch}}(t)}{V_{XX \text{ éch max}}} \quad (3028)$$

Les résultats de cette intégration sont :

$$TauxPrésence_{PR} = 1$$

Si $V_{ERS} = 0 \rightarrow TauxPrésence_{PS} = TauxPrésence_{NR} = 0$; sinon :

$$TauxPrésence_{PS} = 1/2 \times \min\left(1; \frac{V_{éch}}{V_{ERS}}\right) \quad (3029)$$

$$TauxPrésence_{NR} = TauxPrésence_{PS} \quad (3030)$$

Si $V_{NS} = 0 \rightarrow TauxPrésence_{NS} = 0$, sinon :

$$TauxPrésence_{NS} = 1/2 + \left| 1/2 - \frac{1}{1 + \frac{V_{éch}}{V_{NS}}} \right| \quad (3031)$$

16.13.5.3.3.1.4 Coefficients de surface maximum d'échange thermique

Ce taux de présence, pour aboutir au coefficient d'échange thermique potentiel, doit être pondéré par la part maximale de la surface d'échange de chacun des 4 volumes d'eau grise sur la surface d'échange maximale de la cuve ERS :

$$CsurfMax_{XX} = \frac{S_{XX \text{ éch max}}}{S_{éch}} \quad (3032)$$

$$CsurfMax_{PR} = \frac{V_{PR}}{V_{éch}} \quad (3033)$$

$$CsurfMax_{PS} = \frac{V_{PS}}{V_{éch}} \quad (3034)$$

$$CsurfMax_{NR} = CsurfMax_{PS} \quad (3035)$$

$$CsurfMax_{NR} = CsurfMax_{PS} \quad (3036)$$

$$CsurfMax_{NS} = \min\left(\frac{V_{NS}}{V_{éch}}; 1\right) \quad (3037)$$

16.13.5.3.3.1.5 Coefficients d'échange thermique potentiel

Le coefficient d'échange thermique potentiel est défini comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange maximale de la cuve E.R.S.

En reprenant l'expression de $Ctherm$,

$$Ctherm_{XX} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX\text{ éch}}(t)}{S_{XX\text{ éch max}}} \times \frac{S_{XX\text{ éch max}}}{S_{éch}} \quad (3038)$$

Nous aboutissons à l'expression suivante :

$$Ctherm_{XX} = TauxPrésence_{XX} \times CsurfMax_{XX} \quad (3039)$$

En posant le rapport R :

$$R_{(h)} = \frac{V_{ERS(h)}}{V_{éch}} \quad (3040)$$

Nous aboutissons aux équations suivantes :

$$Ctherm_{PR(h)} = \max(1 - R_{(h)}; 0) \quad (3041)$$

Si $R_{(h)} = 0 \rightarrow Ctherm_{PS(h)} = 0$; sinon :

$$Ctherm_{PS(h)} = 1/2 \times \frac{\min(R_{(h)}; 1)}{\max(R_{(h)}; 1)} \quad (3042)$$

$$Ctherm_{NR(h)} = Ctherm_{PS(h)} \quad (3043)$$

Si $R_{(h)} \leq 1 \rightarrow Ctherm_{NS(h)} = 0$, sinon :

$$Ctherm_{NS(h)} = \min(R_{(h)} - 1; 1) \times \left(1/2 + \left|1/2 - \frac{1}{1 + \frac{1}{R_{(h)} - 1}}\right|\right) \quad (3044)$$

Remarque : Pour confirmation, quel que soit $V_{éch}$ et V_{ERS} , il a été vérifié que la somme de ces 4 coefficients thermiques est toujours égale à 1.

$$\forall R, \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} C_{therm_{XX}} = 1 \quad (3045)$$

16.13.5.3.2 Températures au début du pas de temps

En utilisant le retour d'information sur la quantité de chaleur prélevée dans la source amont au pas de temps précédent, la température du ballon tampon est réduite :

$$Q_{amontPAC(h)} = P_{amontPAC(h)} \times 1 \text{ heure} \quad (3046)$$

$$\theta_{amontBallonPAC_{prélèv}(h)} = \theta_{amontBallonPAC(h-1)} - \frac{Q_{amontPAC(h-1)} \times R_{dim}}{\rho_w c_w V_{BallonAmont}} \quad (3047)$$

Température moyenne des eaux grises dans le décanteur :

$$\theta_{EGdéc(h)} = \frac{\theta_{EGdécFinale(h-1)} \times V_{déc} + \theta_e \times V_{ERS(h)}}{V_{déc} + V_{ERS(h)}} \quad (3048)$$

Température moyenne des eaux grises arrivant dans la zone échangeur :

$$\theta_{NR(h)} = \theta_{NS(h)} = \theta_{EGdéc(h)} \quad (3049)$$

La température initiale de l'eau grise **présente** (indices PR et PS) est définie comme la température mitigée de l'eau grise **restante** du pas de temps précédent (indices PR et NR) à laquelle ont été appliquées les pertes thermiques.

Pour déterminer les températures des deux couches d'eau grises présente, nous appliquons à cette température moyenne une stratification linéaire située entre la température à laquelle est sortie l'eau grise au pas de temps précédent et la température d'arrivée des eaux grises, en veillant à conserver la température moyenne et donc la quantité de chaleur disponible dans la cuve à cet instant.

L'équation suivante de la température moyenne des eaux grises restantes doit être respectée :

$$\theta_{NR(h)} = \theta_{NS(h)} = \theta_{EGdéc(h)} \quad (3050)$$

$$\theta_{PS(h)} \frac{V_{PS(h)}}{V_{éch}} + \theta_{PR(h)} \frac{V_{PR(h)}}{V_{éch}} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)}$$

Pour respecter cette équation en gardant une représentation linéaire de la stratification comme approximation, une seule des deux conditions peut être satisfaite : soit l'extrémité basse du volume d'eau grise présente est à la température de l'eau grise sortante du pas de temps précédent, soit l'extrémité haute du volume d'eau grise présente est à la température de l'eau grise arrivant du décanteur. Ainsi :

Si $V_{NS(h-1)} = 0$:

$$\theta_{S(h-1)} = \theta_{PSfinale(h-1)} \quad (3051)$$

Sinon,

$$\theta_{S(h-1)} = \theta_{NSfinale(h-1)} \quad (3052)$$

Si $V_{PR(h)} > 0$ et $V_{PS(h)} > 0$:

$$\Delta_{strat(h)} = \min \left(\theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} - \theta_{S(h-1)}; \theta_{EGdéc(h)} - \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} \right) \quad (3053)$$

Sinon,

$$\Delta_{strat(h)} = 0 \quad (3054)$$

$$\theta_{PR(h)} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} + \Delta_{strat(h)} \left(1 - \frac{V_{PR(h)}}{V_{éch}} \right) \quad (3055)$$

$$\theta_{PS(h)} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} - \Delta_{strat(h)} \left(1 - \frac{V_{PS(h)}}{V_{éch}} \right) \quad (3056)$$

Pour le premier pas de temps,

$$\theta_{PR(h)} = \theta_{PS(h)} = \theta_{amb(h)} \quad (3057)$$

16.13.5.3.4 Puissance thermique de cuve

16.13.5.3.4.1 Puissance thermique maximum de cuve

La puissance frigorifique maximum permet de poser des bornes pour chaque pas de temps.

Cette puissance maximum est limitée par la température amont minimum et la puissance des échangeurs :

$$P_{CuveMaxEchange(h)} = UA_{échangeur} \times (\theta_{EGéchMoy(h)} - \theta_{amontMin}) \quad (3058)$$

où $\theta_{EGéchMoy(h)}$ est défini dans l'équation (24).

Avec le coefficient d'échange de cuve :

$$UA_{échangeur} = UA_{surface} \times S_{éch} \quad (3059)$$

La puissance frigorifique maximum est également limitée par l'inertie de la cuve :

$$P_{CuveMaxPotentielle(h)} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} P_{XXmax(h)} \quad (3060)$$

Avec, pour $XX = PR; PS; NR; NS$:

$$P_{XX\max(h)} = \rho_w c_w V_{XX(h)} (\theta_{XX(h)} - \theta_{EG\min}) \quad (3061)$$

La puissance frigorifique maximum est également limitée par le stockage de cette chaleur ou l'utilisation de cette chaleur pendant le pas de temps par la PAC pendant le pas de temps en cours

$$\begin{aligned} P_{Cuve\max Stockable(h)} &= \rho_w c_w V_{Ballon\text{Amont}} \\ &\times \max \left(0; \theta_{EG\acute{e}chMoy(h)} - \theta_{\text{amontBallonPAC}\acute{p}r\acute{e}l\acute{e}v(h)} \right) + P_{\max PAC(h)} \end{aligned} \quad (3062)$$

$$P_{Cuve\max(h)} = \min(P_{Cuve\max Potentielle(h)}; P_{Cuve\max Echange(h)}; P_{Cuve\max Stockable(h)}) \quad (3063)$$

16.13.5.3.4.2 Puissance thermique de cuve pour le pas de temps

Même quand les compresseurs de la PAC ERS ne fonctionnent pas, la régulation du système ERS continue à transférer de la chaleur de la cuve eau grise vers le ballon si les températures sont favorables à cet échange.

La température amont sortant de la PAC correspond à la température sortant du ballon auquel est appliqué le refroidissement subit sur l'échangeur évaporateur selon le taux de charge de la PAC.

$$\theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)} = \theta_{\text{amontBallonPAC}\acute{p}r\acute{e}l\acute{e}v(h)} - \Delta_{\text{amontPAC}} \times T_{\text{charge}(h-1)}^{\text{gnr}} \quad (3064)$$

$$P_{CuveBrute(h)} = UA_{\acute{e}changeur} \times (\theta_{EG\acute{e}chMoy(h)} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)}) \quad (3065)$$

$$P_{Cuve(h)} = \max \left(0; \min(P_{Cuve\max(h)}; P_{CuveBrute(h)}) \right) \quad (3066)$$

16.13.5.3.4.3 Expression de la température de source amont

Le ballon tampon de captage est considéré comme un volume unique dont la température varie en fonction de la puissance apportée par la cuve et la puissance puisée par la PAC.

Considérons :

$$Q_{Cuve(h)} = P_{Cuve(h)} \times 1 \text{ heure} \quad (3067)$$

$$\theta_{\text{amontBallonPAC}(h)} = \theta_{\text{amontBallonPAC}\acute{p}r\acute{e}l\acute{e}v(h)} + \frac{Q_{Cuve(h)}}{\rho_w c_w V_{Ballon\text{Amont}}} \quad (3068)$$

$$\begin{aligned} P_{\max Source\text{Amont}(h)} &= \rho_w c_w V_{Ballon\text{Amont}} \\ &\times \max \left(0; \theta_{\text{amontBallonPAC}(h)} - \theta_{\text{AmontMin}(h)} \right) \end{aligned} \quad (3069)$$

Remarque : $P_{CuveMax}$ n'est aucunement limité à 2kW par élément. Cette limitation invariable du précédent Titre V Système, issue d'une mauvaise interprétation de la puissance moyenne nominale, était infondée. Elle est plus réalistement représentée par $P_{CuveMax}(h)$, qui prend en compte le nombre d'échangeurs dans la cuve à travers le coefficient UA_{Cuve} .

Pour le premier pas de temps,

$$\theta_{amontBallonPAC(h)} = \theta_{amb(h)} \quad (3070)$$

La sortie de ce ballon allant vers la PAC, cette température est la température de source amont entrant dans la PAC.

$$\theta_{retour\_amont(h)} = \theta_{amontBallonPAC(h)} \quad (3071)$$

16.13.5.3.4.4 Application du prélèvement de chaleur dans les eaux grises

Au début du pas de temps, la chaleur est d'abord prise dans les eaux grises déjà présentes.

$$\theta_{PSfinale(h)} = \max\left(\theta_{PS(h)} - \frac{Q_{Cuve(h)}}{\rho_w c_w V_{PS(h)}}; \theta_{EGmin}\right) \quad (3072)$$

$$Q_{CuvePrélèvPR(h)} = \max\left(Q_{Cuve(h)} - \rho_w c_w V_{PS(h)}(\theta_{PS(h)} - \theta_{PSfinale(h)}); 0\right) \quad (3073)$$

$$\theta_{PRfinale(h)} = \max\left(\theta_{PR(h)} - \frac{Q_{CuvePrélèvPR(h)}}{\rho_w c_w V_{PR(h)}}; \theta_{EGmin}\right) \quad (3074)$$

$$\begin{aligned} Q_{CuvePrélèvNS(h)} &= \max\left(Q_{CuvePrélèvPR(h)} - \rho_w c_w V_{PR(h)}(\theta_{PR(h)} - \theta_{PRfinale(h)}); 0\right) \end{aligned} \quad (3075) \quad (79)$$

$$\theta_{NSfinale(h)} = \max\left(\theta_{NS(h)} - \frac{Q_{CuvePrélèvNS(h)}}{\rho_w c_w V_{NS(h)}}; \theta_{EGmin}\right) \quad (3076)$$

$$\begin{aligned} Q_{CuvePrélèvNR(h)} &= \max\left(Q_{CuvePrélèvNS(h)} - \rho_w c_w V_{NS(h)}(\theta_{NS(h)} - \theta_{NSfinale(h)}); 0\right) \end{aligned} \quad (3077)$$

$$\theta_{NRfinale(h)} = \max \left(\theta_{NR(h)} - \frac{Q_{CuvePrélèvrNR(h)}}{\rho_w c_w V_{NR(h)}}; \theta_{EGmin} \right) \quad (3078)$$

16.13.5.3.4.5 Pertes thermiques des eaux grises en cours de refroidissement

Le principe est inchangé par rapport au Titre V précédent, les pertes sont ensuite calculées à chaque pas de temps.

16.13.5.3.4.5.1 Pertes thermiques du décanteur

Si $V_{dec} \neq 0$:

$$\theta_{EGdécFinale(h)} = \theta_{EGdéc(h)} - \frac{Pe_{déc(h)}}{\rho_w c_w V_{dec}} \quad (3079)$$

Avec:

$$Pe_{déc(h)} = U_{déc} \times (\theta_{EGdéc(h)} - \theta_{amb(h)}) \quad (3080)$$

16.13.5.3.4.5.2 Pertes thermiques de la zone échangeurs

La zone échangeur en fin de pas de temps est composée des eaux grises restantes :

$$\theta_{EGéchRestantMitigé(h)} = \frac{V_{NR(h)} \theta_{NRfinale(h)} + V_{PR(h)} \theta_{PRfinale(h)}}{V_{éch}} \quad (3081)$$

Les pertes s'appliquent à la température des eaux grises de la zone échangeur :

$$\theta_{EGéchRestantFinale(h)} = \theta_{EGéchRestantMitigé(h)} - \frac{Pe_{éch(h)}}{\rho_w c_w V_{éch}} \quad (3082)$$

Avec:

$$Pe_{éch(h)} = U_{éch} \times (\theta_{EGéchRestantMitigé(h)} - \theta_{amb(h)}) \quad (3083)$$

$$U_{éch} = U_{pertes\_surface\_éch} \times S_{éch} \quad (3084)$$

16.13.6 FICHE ALGORITHME : PAC SUR EAUX GRISES TYPE ERS ET FACTEUR 7

16.13.6.1 Introduction

Cette fiche permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques ayant pour source amont les eaux grises. Ces systèmes peuvent être soit à compression électrique soit à moteur gaz (compresseur mécanique entraîné par un moteur thermique) en fonctionnement ECS.

Elle permet de représenter plusieurs machines identiques fonctionnant dans le même mode. En fonction de la puissance requise, les valeurs calculées sont :

- Puissance absorbée
- COP
- Puissance des auxiliaires
- Pertes thermiques récupérables

Le calcul pour une machine est mené en 3 étapes

1. calcul de la température de l'eau arrivant de la source amont
2. calcul en fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales des températures de source
3. prise en compte de la charge partielle

16.13.6.2 Nomenclature du modèle PAC Electrique

16.13.6.2.1 Nomenclature du modèle

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervall e	Def.
Q_{req} (h)	Energie requise par le réseau	W	[0, +∞[	-
θ_{amont} (h)	Température de la source amont	°C	[0, 100]	
θ_{aval} (h)	Température de la source aval (vers les ballons)	°C	[0, 100]	
$P_{fou_{source\_amont}}$ maxi	Puissance maximale disponible	W		
$Id_{fonction}$	Mode de fonctionnement : 1 : chauffage 2 : refroidissement 3 : ECS	-	{1 , 3}	3

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervall e	Def.
Rdim	Nombre de machines identiques	-	[1, +∞[	

IdFluide_aval	Type de fluide caloporteur 1 : eau, 2 : air ambiant.	-	{1 , 2}	1
Idfougen	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3	-	{1 , 3}	3
Theta_max_av	température maximale aval en mode chaud au-delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	[0, 100]	-
Theta_min_am	température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	[0, 100]	-
{ValECS(Icol,Ili gn)}	Matrice des performances en mode ECS selon les températures amont et aval	-	-	-
{ValPabs(icol,Ili gn)}	matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	-	-	-
{ValCOR(Icol,Ili gn)}	matrice de correction des performances justifiées entrées sous forme de matrice	-	-	-
Lim_Theta	0 = pas de limite 1= limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	-	-	-
Statut_val_pivot	Statut de la valeur pivot : 1 : valeur déclarée, 2 : valeur par défaut		{1 , 2}	
ValECS_pivot	Valeur pivot déclarée de la performance (COP ou EER) des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	-	[0, +∞[	
ValPabs_pivot	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	W	[0, +∞[	-
Statut_donnees	Statut des données concernant l'existence des valeurs de performance certifiées ou mesurées ; 1 : valeur de performance certifiée ou mesurée, 2 : aucune valeur de performance certifiée ou mesurée			
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}			

LR_{contin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (=1 si machine tout ou rien)			
Deq	Durée équivalente liée aux irréversibilités	minutes	$[0, +\infty[$	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale		$[0,1]$	
P_{pompe}	Puissance des pompes d'amenée d'eaux grises à la PAC	W	$[0, +\infty[$	

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$P_{\text{abs\_pc}}(h)$	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W	$[0, +\infty[$	-
$P_{\text{fou\_PAC}}(h)$	Puissance fournie par la PAC à chaque pas de temps	W	$[0, +\infty[$	-
$Q_{\text{rest}}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant.	Wh		
$W_{\text{aux,pro}}(h)$	Consommation des auxiliaires au pas h	W		
$\eta_{\text{eff}}(h)$	COP du générateur	Réel		
T_{charge}	Taux de charge du générateur	Réel		
Φ_{rejet}	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h	Wh		
$C_{\text{pompe}}(h)$	Consommation de la pompe eaux grises	W	$0, +\infty[$	
$P_{\text{fou\_pc\_brut}}(h)$	Puissance maximale, non compris les limites de fonctionnement, que peut fournir le générateur dans les conditions de températures amont et aval au pas de temps h.			
$Q_{\text{cef\_ECS}}[\text{électricité}]$	Consommation ECS de la PAC	Wh	$[0, +\infty[$	

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.

LR	Taux de charge	-	[0 ; 1]	-
Cnnav_COP(t1,t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température aval en mode chaud	-	-	-
Cnnam_COP(t1,t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température amont en mode chaud	-	-	-
Val _{θamont} (i.amont,t)	Température amont	°C	[0, +∞[	-
Val _{θaval} (i.aval)	Température aval	°C	[0, +∞[	-
i _{θam} 1 i _{θam} 2	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
θ _{am} 1	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
θ _{am} 2	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
N _{θamont}	Nombre de températures amont	-	-	-
i _{θav} 1 i _{θav} 2	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
θ _{av} 1	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
θ _{av} 2	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
N _{θaval}	Nombre de températures aval	-	-	-
C _{θam} (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
C _{θav} (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
COP_pc(h)	COP à pleine charge aux conditions non nominales	-	-	-
Cnnav_Pabs(t1,t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température aval	-	-	-
Cnnam_Pabs(t1,t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température amont	-	-	-

Val_util_max	valeur maximale de la performance pour la valeur pivot d'une machine lorsqu'il n'y a pas de valeurs certifiées ou justifiées. si Idfonction = 1 (chauffage) Syst_Thermo_CH = 1 : Val_util_max = 3,5 2 : Val_util_max = 3,5 3 : Val_util_max = 2,5 4 : Val_util_max = 4,7 5 : Val_util_max = 3,7 6 : Val_util_max = 3,5 7 : Val_util_max = 4 si Idfonction = 2 (refroidissement) Syst_Thermo_FR 1 : Val_util_max = 2,5 2 : Val_util_max = 2,7 3 : Val_util_max = 2,7 4 : Val_util_max = 3,7 5 : Val_util_max = 2,7 6 : Val_util_max = 3,7 si Idfonction = 3 (ECS) Syst_Thermo_ECS = 1 : Val_util_max = 2,7 2 : Val_util_max = 3,2 3 : Val_util_max = 3,1 4 : Val_util_max = 3,7	-	{1 , 7}	-
Q_rest_act	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre	Wh	[0, +∞[	-

	générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.			
Q_{req_act}	Energie requise pour une machine	W	$[0, +\infty[$	-
$\theta_{amont} (h)$	Température de la source amont	°C	$[0, 100]$	-
$\theta_{aval} (h)$	Température de la source aval vers les ballons d'eau chaude.	°C	$[0, 100]$	-

16.13.6.3 La pompe à chaleur - Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode ECS ($Id_{fonction} = 3$)

La consommation électrique globale du système est constituée de la consommation électrique du compresseur de la pompe à chaleur et celle de la pompe d'amenée d'eaux grises à la PAC.

16.13.6.3.1 Détermination des COP

La matrice de performances des machines eaux grises / eau de ville est décrite *Tableau 392*.

Tableau 392 – Matrice de performance des machines eaux grises /eau de ville

		T_{amont} (eaux grises)		
T_{retour}		25	30	35
$T_{départ}$		7	8	9
$T_{am} >$		16	19	22
T_{aval}	Priorité	2	1	3
35	4			
45	1			
55	2			
65	3			

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $T_{am} = 19$ C ; $T_{av} = 45$ C.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini *Tableau 393*.

Tableau 393 – Températures aux sources

Température aval	Température amont
45°C	19°C

45°C, 55°C

45°C, 55°C, 65°C

45°C, 55°C, 65°C, 35°C

19°C, 16°C

19°C, 16°C, 22°C

Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 (il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées)

∀ icol,ilign → si ValCOR(icol,ilign)=1, ValECS(icol,ilign)=ValECS(icol,ilign)

∀ icol,ilign → si ValCOR(icol,ilign)=2, ValECS(icol,ilign)=ValECS(icol,ilign)*0,9

Si statut_données = 2 (il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée)

ValECS(2,2)=ValECS_pivot_inter

La valeur utile max a été fixée à 3,7 conformément à la méthode Th-BCE dans le paragraphe 8.23 dans la nomenclature du générateur thermodynamique électrique.

16.13.6.3.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios indiqués *Tableau 394*.

Tableau 394 – Coefficients de correction en fonction des températures aux sources

Température aval	Température amont
Cnnav_COP (55, 45) = 0,8	Cnnam_COP (16, 19) = 0,9
Cnnav_COP (65, 45) = 0,6	Cnnam_COP (22, 19) = 1,1
Cnnav_COP (35, 45) = 1,2	

> La colonne contenant la valeur pivot est complétée

Si {ValECS(2,1)}=0 {ValECS(2,1)}={ValECS(2,2)}*Cnnav_COP(35,45)

Si {ValECS(2,3)}=0 {ValECS(2,3)}={ValECS(2,2)}*Cnnav_COP(55,45)

Si {ValECS(2,4)}=0 {ValECS(2,4)}={ValECS(2,2)}*Cnnav_COP(65,45)

> Les lignes sont complétées

Pour i_{ign} allant de 1 à N_{oval}

Si $\{\text{ValECS}(1, i_{\text{ign}})\} = 0$ $\{\text{ValECS}(1, i_{\text{ign}})\} = \{\text{ValECS}(2, i_{\text{ign}})\} * \text{Cnnam\_COP}(16, 19)$

Si $\{\text{ValECS}(3, i_{\text{ign}})\} = 0$ $\{\text{ValECS}(3, i_{\text{ign}})\} = \{\text{ValECS}(2, i_{\text{ign}})\} * \text{Cnnam\_COP}(22, 19)$

Les calculs suivants sont réalisés si la PAC est en fonctionnement. C'est à dire si $V_c \neq 0$

Calcul du COP pour le couple T_{amont} / T_{aval} au pas de temps

16.13.6.3.3 Algorithme pour $\theta_{\text{amont}}(h)$:

Si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(1)$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses). **Envoyer un message d'alerte dans un fichier.**

$i_{\theta_{\text{am}}1} = 1$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = 1$

$\theta_{\text{am}}1 = \theta_{\text{amont}}(h)$

$\theta_{\text{am}}2 = \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(1)$

Si $\theta_{\text{amont}}(h) > \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(N_{\theta_{\text{amont}}})$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le haut mais on fait cependant le calcul avec les valeurs hautes) **Envoyer un message d'alerte dans un fichier.**

$i_{\theta_{\text{am}}1} = N_{\theta_{\text{amont}}}$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = N_{\theta_{\text{amont}}}$

$\theta_{\text{am}}1 = \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(N_{\theta_{\text{amont}}})$

$\theta_{\text{am}}2 = \theta_{\text{amont}}(h)$

Sinon,

Pour $i_{\theta_{\text{amont}}}$ allant de 2 à $N_{\theta_{\text{amont}}}$,

Si $\theta_{\text{amont}}(h) \leq \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(i_{\theta_{\text{amont}}})$, alors,

$i_{\theta_{\text{am}}1} = i_{\theta_{\text{amont}}} - 1$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = i_{\theta_{\text{amont}}}$

$\theta_{\text{am}}1 = \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(i_{\theta_{\text{am}}1})$

$$\theta_{am2} = \text{Val}_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}2})$$

Coupure de la boucle 'pour'

16.13.6.3.4 Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

Si $\theta_{aval}(h) < \text{Val}_{\theta_{aval}}(1)$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses).

$$i_{\theta_{av}1} = 1$$

$$i_{\theta_{av}2} = 1$$

$$\theta_{av1} = \theta_{aval}(h)$$

$$\theta_{av2} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(1)$$

Si $\theta_{aval}(h) > \text{Val}_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le haut mais on fait cependant le calcul avec les valeurs hautes).

$$i_{\theta_{av}1} = N_{\theta_{aval}}$$

$$i_{\theta_{av}2} = N_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av1} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$$

$$\theta_{av2} = \theta_{aval}(h)$$

Sinon,

Pour $i_{\theta_{aval}}$ allant de 2 à $N_{\theta_{aval}}$,

Si $\theta_{aval}(h) \leq \text{Val}_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{aval}})$, alors,

$$i_{\theta_{av}1} = i_{\theta_{aval}} - 1$$

$$i_{\theta_{av}2} = i_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av1} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}1})$$

$$\theta_{av2} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}2})$$

Coupure de la boucle 'pour'

16.13.6.4 *Calculs des coefficients d'interpolation*

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}} \quad (3085)$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}} \quad (3086)$$

16.13.6.5 Calcul de la performance

COP_pc(h) =

$$(1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValECS}(i\theta_{am1}, i\theta_{av1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValECS}(i\theta_{am2}, i\theta_{av1})\} \quad (3087)$$

+

$$C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValECS}(i\theta_{am1}, i\theta_{av2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValECS}(i\theta_{am2}, i\theta_{av2})\}$$

16.13.6.5.1 Calcul des puissances absorbées à pleine charge

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour Tam = 19 °C ; Tav = 45 °C

Les valeurs absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP.

16.13.6.5.2 Calcul des valeurs par défaut (une fois au début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios du *Tableau 395*.

Tableau 395 -- Coefficients de correction en fonction des températures aux sources

Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs (55, 45) = 0,9	Cnnam_Pabs (16, 19) = 0,95
Cnnav_Pabs (35, 45) = 1,1	Cnnam_Pabs (22, 19) = 1,05
Cnnav_Pabs (65, 45) = 0,8	

> La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier

Si {ValPabs(2,1)}=0 {ValPabs (2,1)}={ValPabs (2,2)}*Cnnav_Pabs(35,45)

Si {ValPabs(2,3)}=0 {ValPabs (2,3)}={ValPabs (2,2)}*Cnnav_Pabs(55,45)

Si {ValPabs(2,4)}=0 {ValPabs (2,4)}={ValPabs (2,2)}*Cnnav_Pabs(65,45)

> Les lignes sont complétées

Pour ilign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

Si $\{\text{ValPabs}(1, \text{ilign})\} = 0$ $\{\text{ValPabs}(1, \text{ilign})\} = \{\text{ValPabs}(5, \text{ilign})\} * \text{Cnnam\_Pabs}(16, 19)$

Si $\{\text{ValPabs}(3, \text{ilign})\} = 0$ $\{\text{ValPabs}(3, \text{ilign})\} = \{\text{ValPabs}(5, \text{ilign})\} * \text{Cnnam\_Pabs}(22, 19)$

A pleine charge, on a donc :

$$C_{pompe} = P_{pompe} \quad (3088)$$

16.13.6.5.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$P_{abs\_pc}(h) =$

$$(1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta am1}, i_{\theta av1})\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta am2}, i_{\theta av1})\} \quad (3089)$$

+

$$C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta am1}, i_{\theta av2})\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta am2}, i_{\theta av2})\}$$

16.13.6.5.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

$$Q_{req\_act} = Q_{req\_act} / R_{dim} \quad (3090)$$

$$P_{fou\_PAC}(h) = P_{abs\_pc} \cdot COP_{pc} \quad (3091)$$

Limites de fonctionnement

si $\text{Lim\_Theta} = 0$

$$Q_{rest\_act} = \max\{0; Q_{req\_act} - P_{fou\_LR}(h)\} \quad (3092)$$

sinon si $\text{Lim\_Theta} = 1$ **et** si $\theta_{amont}(h) < \text{Theta\_min\_am}$ **ou** si $\theta_{aval}(h) > \text{Theta\_max\_av}$

$$Q_{rest\_act} = Q_{req\_act} \quad (3093)$$

et

$$P_{fou\_PAC}(h) = 0 \quad (3094)$$

sinon si $\text{Lim\_Theta} = 2$ **et** si $\theta_{amont}(h) < \text{Theta\_min\_am}$ **et** si $\theta_{aval}(h) > \text{Theta\_max\_av}$

$$Q_{\text{rest\_act}} = Q_{\text{req\_act}} \quad (3095)$$

et

$$P_{\text{fou\_PAC}}(h) = 0 \quad (3096)$$

$$Q_{\text{cef\_ECS}}[\text{electricité}] = \frac{P_{\text{fou\_pac}}}{COP_{pc}} \quad (3097)$$

Si la PAC n'est pas en fonctionnement

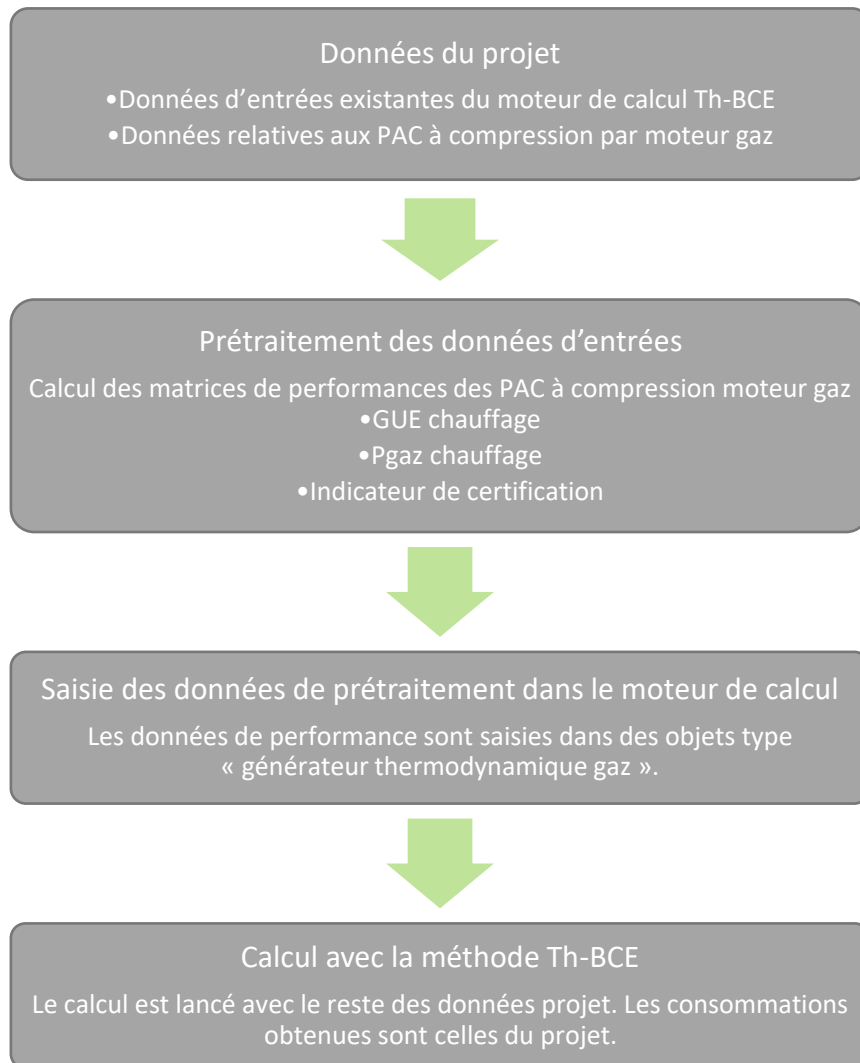
$$\begin{aligned} P_{\text{fou\_pac}} &= 0 \\ C_{\text{pompe}} &= 0 \end{aligned} \quad (3098)$$

16.13.6.6 *Calcul a charge partielle*

Le calcul est identique à ce qui est fait pour les Systèmes thermodynamiques à compression électrique (cf. §8.23).

16.13.6.6.1 PAC moteur GAZ

Le fonctionnement de la PAC moteur GAZ de Solaronics chauffage qui peut être utilisée dans le montage est décrit dans la fiche *C_Gen_PAC Moteur_Gaz*. La méthode est déclinée dans le logigramme ci-dessous.



Le point pivot à 7/32.5 sans récupération de chaleur sur le moteur gaz pour la production d'ECS est pris en compte. Dans le calcul, la matrice de sortie issue du prétraitement des données d'entrée doit être saisie en entier.

16.13.7 FICHE ALGORITHME : BALLON BASE PAC FACTEUR 7 ECHANGEUR AS INSTANTANE POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7

16.13.7.1 Introduction

Un modèle de générateur thermodynamique, de ballon de stockage et de gestion régulation ont été décrits dans les autres fiches algorithmes. On définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir le modèle correspondant à une configuration du système PAC FACTEUR 7 d'un chauffe-eau avec base et à appoint séparé instantané.

La production stockage du système PAC FACTEUR 7 est de type Bballon base avec appoint séparé instantané.

Le ballon de stockage d'eau chaude sanitaire du système PAC FACTEUR 7® ne comporte aucun échangeur de chaleur.

Le stockage est à niveau variable, sans avoir de mélange eau froide / eau chaude. L'eau chaude produite par le générateur PAC FACTEUR 7® est introduite dans la zone basse du ballon. L'eau chaude est tirée de la zone basse du ballon. La partie non remplie d'eau chaude est constituée d'air comprimé afin d'assurer la distribution dans le bâtiment.

16.13.7.2 Nomenclature du modèle

Pour la production stockage :

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{req\_ecs}(h)$	Demande en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh		
$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération gen.	°C		
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C		
$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur	°C		
$\theta_{amb}(h)$	Température à l'intérieur du bâtiment (déterminée au niveau de la génération)	°C		
Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)				

$nb_{assembl}$	Nombre d'assemblages « ballon base appoint séparé PAC FACTEUR 7 » identiques à considérer au niveau de la génération	-	[1, +∞[	
id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage : 1 : Chauffage, 2 : Refroidissement, 3 : ECS, 4 : Chauffage et ECS, 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent	[1 ;5]	3
$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage 1 - Ballon base sans appoint 2 – Ballon base plus appoint intégré 3 – Ballon base plus appoint dans stockage séparé 4 – Ballon base plus appoint séparé instantané 5 – SSC avec appoint chauffage par système indépendant 6 – SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage	Ent	[1 ;6]	4
Id_{pos_gen}	Position de la génération : 0 : En volume chauffé, 1 : Hors volume chauffé. (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Ent	[0 ;1]	

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\{Q_{assemblage\_cef}(h)\}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale de l'assemblage	Wh		
$\phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) ballon(s) de stockage vers l'ambiance	Wh		
$\phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) générateur(s) vers l'ambiance	Wh		

Q_{rest}	Demande en énergie non-assurée par un générateur	Wh		
$Q_{rest}^{gnr\_base}$	Demandes en énergie non-assurée par le générateur de base uniquement	Wh		

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{w\_sto\_unit}(h)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Wh		

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

16.13.7.3 assemblage des composants

L'assemblage est repris des fiches *C_GEN_Gestion/régulation de la génération*, *C_STO_Gestion_régulation_ballon* et *C_STO_Ballon_Stockage* il est repris avec les modifications suivantes :

Pour *C_GEN_Gestion/régulation de la génération* l'assemblage fonctionne uniquement en mode ECS.

$$Id_{fou\_gen} = 3$$

Il n'y a pas d'échangeur dans le ballon de stockage PAC FACTEUR 7. Le ballon est divisé en 3 zones. Deux zones de volumes identiques contiennent de l'eau chaude, la 3eme zone est constituée d'air comprimé.

Le volume puisé et l'énergie requise sont calculés dans la fiche algorithme **gestion régulation base ballon pour le système PAC FACTEUR 7**.

Dans le calcul de l'assemblage générateur pour le calcul de la puissance requise pour le stockage réalisé dans la fiche *C_STO_Gestion_régulation_ballon* on ajoute le calcul de Taval :

$$T_{aval} = \frac{\theta_{c_{base}} + \theta_{cw}}{2}$$

Le calcul dans *C_STO_Ballon_Stockage* est modifié comme suit :

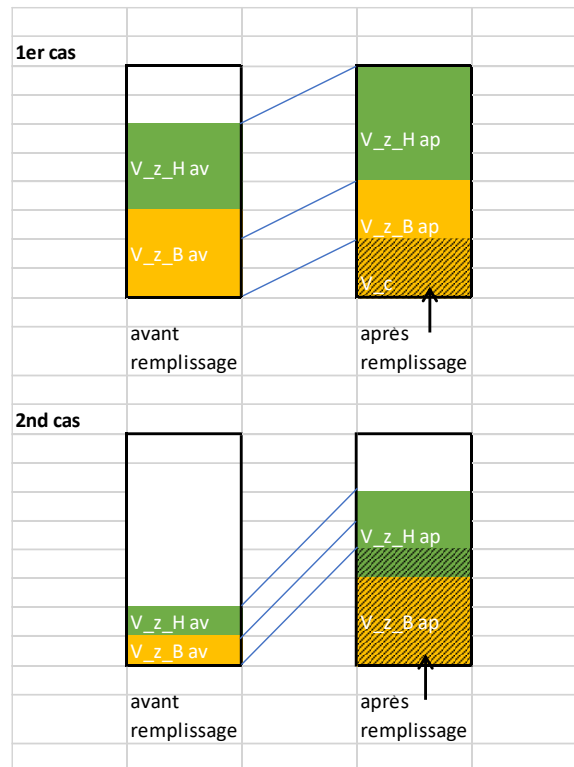
Le ballon de stockage est décrit par 2 zones. Chaque zone du ballon de base reçoit un volume d'eau chaude (V) à la température de sortie de la PAC FACTEUR 7 (T) comme suit :

1. Le générateur de base est connecté à la zone basse (z_B) du ballon donc les entrées du ballon V et T reçoivent respectivement le volume et la température de l'eau chaude en sortie de l'assemblage « générateur pour stockage PAC FACTEUR 7 ». Les pertes thermiques sont également comptées.

2. La zone haute (z_H) du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique. $V=0$. Mais les pertes sont comptées.

On distingue deux cas :

- Dans la plupart des cas, le volume V_c d'eau chaude entrant dans le ballon est inférieur au volume de la zone basse du ballon (cas 1 dans l'illustration suivante) ;
- Il arrive que le volume V_c d'eau chaude entrant dans le ballon soit supérieur au volume de la zone basse du ballon (cas 2 dans l'illustration suivante).



D'après ces schémas, l'expression des températures des zones hautes et basses sont :

$$T_{z_H(h)} = \frac{V_{z_H}(h-1) * T_{z_H}(h-1) + \min\left(\frac{V_c(h)}{2}; V_{z_B}(h-1)\right) * T_{z_B}(h-1) + \max\left(0; \frac{V_c(h)}{2} - V_{z_B}(h-1)\right) * T_{entrant}}{V_{z_H}(h-1) + \frac{V_c(h)}{2}} \quad (3099)$$

$$T_{z_B(h)} = \frac{\max(0; V_{z_B}(h-1) - \frac{V_c(h)}{2}) * T_{z_B}(h-1) + \min(V_c; \frac{V_c(h)}{2} + V_{z_B}(h-1)) * T_{entrant}}{V_{z_B}(h-1) + \frac{V_c(h)}{2}} \quad (3100)$$

**16.13.8 FICHE ALGORITHME : GESTION REGULATION BASE BALLON
POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7**

16.13.8.1 Nomenclature du modèle

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
θ_{cw}	Température de l'eau froide	°C		
$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération gen			
$\theta_{z\_B} (h-1)$	Température de la zone z_B du ballon au pas de temps précédent (valeur initiale 55°C)	°C		
$\theta_{z\_H} (h-1)$	Température de la zone z_H du ballon au pas de temps précédent (valeur initiale 55°C)	°C		
$Q_{w\_sto\_unit} (h)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon	Wh		
$Q_{w\_sto\_unit\_report} (h)$	Energie non assurée au pas de temps h-1, reportée au pas de temps courant	Wh		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
V_{tot}	Volume total du ballon	L	[0, +∞[	
V_{z_B}	Volume de la zone basse du ballon	L	[0, +∞[	
V_{z_H}	Volume de la zone haute du ballon	L	[0, +∞[	
$\theta_{c\_base} (h-1)$	Température de consigne du ballon	°C	[0, 110]	55

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{req\_sto\_base} (h)$	Energie requise à fournir à l'élément de stockage par le générateur de base	W		-
Nb_{iter_vp}	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon			

$V_c(h)$	Volume d'eau à fournir pour remplir le ballon	L		
$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps h	L		

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
i	Numéro de l'itération en cours	-		
$\theta_{\max}^{\text{gen}}$	Température maximale des distributions intergroupes d'ECS connectées à une même génération	°C		
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon au début de l'itération i	Wh		
$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Energie non assurée à l'itération i-1, reportée à l'itération courante	Wh		
$V_p(i)$	Volume puisé pendant l'itération i	L		

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
C_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

16.13.8.2 Description

Pour produire de l'eau chaude, un ballon de stockage PAC FACTEUR 7 possède une source de chaleur. Cette unique source de chaleur est appelée base.

En tenant compte des paramètres de gestion-régulation du thermostat, nous calculons, en premier lieu, le volume d'eau chaude puisé dans le ballon d'énergie puis l'énergie requise au niveau du générateur de base pour couvrir les besoins d'ECS.

16.13.8.3 Description mathématique

Ces algorithmes sont en amont du modèle de ballon et déterminent le volume à puiser au pas de temps h puis l'énergie et le volume à fournir par le générateur de base pour remplir le ballon avec de l'eau à la température de consigne.

16.13.8.3.1 Itérations lors d'un même pas de temps horaire pour le calcul du volume puisé

Le calcul du volume puisé à partir de la demande d'énergie utilise la température de la zone basse du ballon θ_{z_B} (au pas de temps précédent). Par conséquent, chaque zone pouvant avoir une température différente, le volume puisé ne peut excéder le volume de la plus petite zone du ballon.

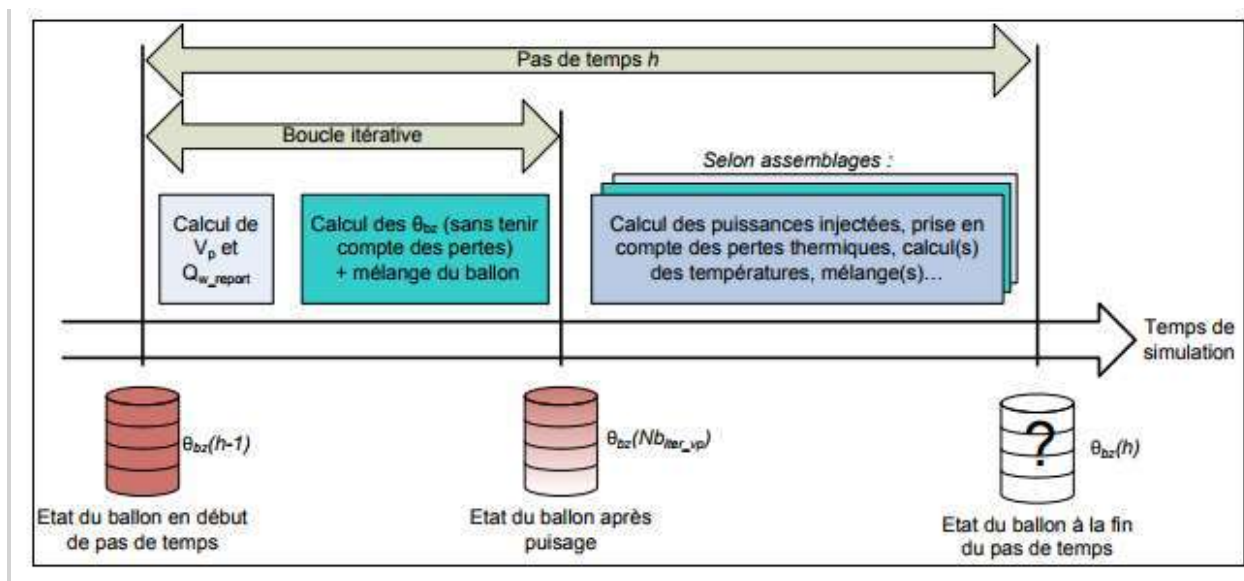
Pour remédier à cela, le volume puisé total du pas de temps h est calculé au cours de plusieurs itérations i , avec les hypothèses suivantes :

Le volume puisé, l'énergie reportée et les températures du ballon (V_p , $Q_{w\_sto\_unit\_report}$, $\theta_{z\_B}/\theta_{z\_H}$) sont calculés à chaque itération ;

- si l'énergie reportée est nulle, la boucle itérative s'arrête ;

Ni les pertes ni les puissances injectées dans le ballon ne seront comptabilisées avant la dernière itération de la boucle ;

La chronologie des événements est expliquée ci-dessous :



16.13.8.3.2 Calcul du nombre d'itérations

Le nombre total d'itérations servant à calculer le volume total puisé dans le ballon est égal à :

$$Nb_{iter\_vp}=4$$

Lorsque le système PAC FACTEUR 7 est basé sur un assemblage Ballon base avec appoint séparé instantané, les algorithmes sont définis dans la fiche *Ballon base PAC FACTEUR 7 échangeur AS instantané pour le système PAC FACTEUR 7*.

16.13.8.3.3 Initialisation de la boucle itérative

i est initialisé à 1 au début du pas de temps h

16.13.8.3.4 Calcul du volume puisé d'ECS (boucle itérative)

A la première itération ($i=1$), on pose

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(h) \quad (3101)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante.

Si $(\theta_{z\_B}(h-1) > \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min \left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}} \right) \quad (3102)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw}) \quad (3103)$$

Si $(\theta_{cw} < \theta_{z\_B}(h-1) < \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min \left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}} \right) \quad (3104)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw}) \quad (3105)$$

Si $(\theta_{z\_B}(h-1) < \theta_{cw})$

$$V_p(i) = 0 \quad (3106)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) \quad (3107)$$

La boucle itérative continue tant que $(1 < i \leq Nb_{iter\_vp}$ et $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) \neq 0$)

De même que précédemment,

Si $(\theta_{z\_B}(i-1) > \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{z\_B}(i-1) - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (3108)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z\_B}(i-1) - \theta_{cw}) \quad (3109)$$

Si $(\theta_{cw} < \theta_{z\_B}(i-1) < \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (3110)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z\_B}(i-1) - \theta_{cw}) \quad (3111)$$

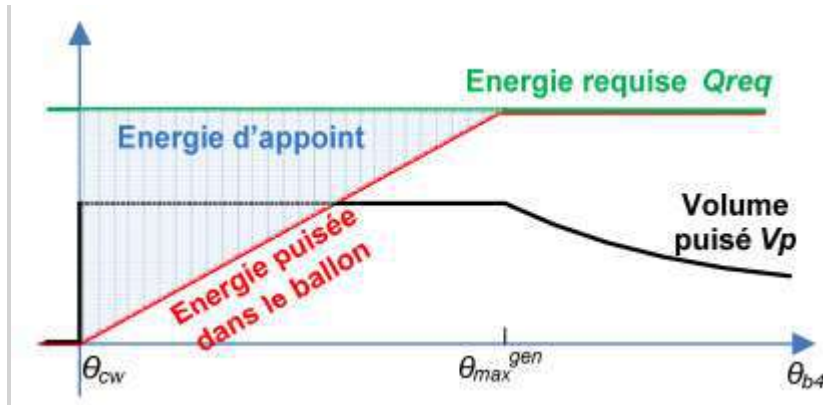
Si $(\theta_{z\_B}(i-1) < \theta_{cw})$

$$V_p(i) = 0 \quad (3112)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) \quad (3113)$$

Pour une température de la zone de puisage (θ_{z_B}) inférieure à la température maximale attendue par les réseaux intergroupes (θ_{max}^{gen}), le volume puisé ne dépend pas de la température du ballon puisqu'il est calculé avec un écart de température constant. De ce fait, l'appoint est nécessaire.

Dans le cas contraire, le ballon peut assurer seul la demande d'énergie. L'appoint ne fonctionne pas.



La boucle itérative sur les algorithmes de la gestion-régulation de la base du ballon se termine ici.

Le volume total puisé dans le ballon au pas de temps courant est noté de la manière suivante :

$$V_p(h) = \sum_{i=1}^{Nb_{iter\_vp}} V_p(i) \quad (3114)$$

16.13.8.3.5 Calcul de la puissance requise

Le dispositif de régulation du ballon se base sur le volume d'eau restant après le puisage.

Le dispositif chauffant devra se déclencher si : $V_p(h) > 0$ ou $V_z < V_{tot}$

La puissance requise à fournir par la base est donnée par l'équation :

$$Q_{req\_sto\_base} = \max(\rho_w \cdot c_w \cdot (V_{tot} - (V_{zB} + V_{zH})) \cdot (\theta_{c\_base} - \theta_{cw}), 0) \quad (3115)$$

Les volumes sont ceux de la dernière itération (voir les algorithmes du ballon de stockage PAC FACTEUR 7).

16.13.9 FICHE ALGORITHME : BALLON DE STOCKAGE POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7

16.13.9.1 Nomenclature du modèle

Pour le ballon d'eau chaude sanitaire

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\theta_{\text{entrant}} \text{ (h)}$	Température de l'eau chaude à l'entrée du ballon de stockage	°C		
$\theta_{\text{amb}} \text{ (h)}$	Température ambiante (de l'endroit où est le ballon, déterminée au niveau de la génération)	°C		
$V_p \text{ (h)}$	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	L		
$Nb_{\text{iter\_vp}}$	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-		
$Q_{\text{fouPAC}} \text{ (h)}$	Puissance fournie par la PAC au ballon de stockage	W		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
V_{tot}	Volume total du ballon	L	$[0, +\infty[$	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	$[0, +\infty[$	-
Statut_donnée_UA	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 3 - Certifiée 2 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 1 - Par défaut	-	{1 , 3}	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
Pe(h)	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h	Wh	[0, +∞[	-
θ_{z_B} (h)	Température de la zone basse du ballon au pas de temps h	°C	[0, 100]	-
θ_{z_H} (h)	Température de la zone haute du ballon au pas de temps h	°C	[0, 100]	-

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
(UA) _{s_util}	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	[0, +∞[	-
Pe _{z_H}	Pertes thermiques de la zone haute du ballon	W	[0, +∞[	-
Pe _{z_B}	Pertes thermiques de la zone basse du ballon	W	[0, +∞[	-
V _c (h)	Volume d'eau injecté dans le ballon par la PAC	L	[0, +∞[	
V _{z_H}	Volume de la zone haute du ballon	L	[0, V _{tot} /2]	-
V _{z_B}	Volume de la zone basse du ballon	L	[0, V _{tot} /2]	-
V _z	Volume de la zone z du ballon	L	[0, V _{tot}]	-
U _z	Coefficient de pertes thermiques de la zone z du ballon	W/K	[0, +∞[	-

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
C _w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

16.13.9.2 Description du ballon de stockage d'eau chaude

Le ballon de stockage d'eau chaude sanitaire du système PAC FACTEUR 7® peut être mobilisé ou non (alternativement un stockage « générique » peut être utilisé pour la PAC FACTEUR 7), il ne comporte aucun échangeur de chaleur.

Le stockage est à niveau variable, sans avoir de mélange eau froide / eau chaude. L'eau chaude produite par le générateur PAC FACTEUR 7® est introduite dans la zone basse du ballon. L'eau chaude est tirée de la zone basse du ballon. La partie non remplie d'eau chaude est constituée d'air comprimé afin d'assurer la distribution dans le bâtiment.

16.13.9.3 *description mathématique*

16.13.9.3.1 Types de ballon

Le ballon est décrit par 2 zones.

Le ballon du système PAC FACTEUR 7® est décrit par le volume de la zone de stockage qui est toujours décomposée en deux parties de volumes équivalents ($V_{z\_B} = V_{z\_H}$). Les deux zones sont caractérisées par leur :

- > volume V_z (h),
- > coefficient de perte U_z (h),
- > température θ_z (h).

16.13.9.3.2 Pertes thermiques du stockage d'eau chaude

La valeur de UA par défaut est, selon la méthode Th-BCE pour les ballons de type « Autre » :

$$Q_{pr} = 0,189 \cdot V_{tot}^{0,55} \quad (3116)$$

Pour convertir Q_{pr} en UAs, la formule suivante est appliquée :

$$UA_S = \frac{Q_{pr} \cdot 1000}{24 \cdot \Delta T^\circ} \quad (3117)$$

L'hypothèse sur ΔT° est la suivante : ΔT° entre l'extérieur et le ballon est de 45°C.

Les pertes du stockage sont calculées en appliquant la procédure suivante, si la valeur est déclarée :

$$UA_{S\_util} = UA_S \times 1,2 \quad (3118)$$

Le coefficient de perte du ballon est constant et appliqué sur le volume d'eau existant et sur la partie d'air comprimé :

Pour les zones « Eau chaude » :

$$U_z = UA_{S\_util} \cdot \frac{V_z}{V_{tot}} \quad (3119)$$

Calcul des températures de chaque zone

Les algorithmes du ballon s'organisent en deux étapes :

- > Calcul des pertes pour chaque zone avec les températures de la fin du pas précédent
- > Calcul des températures de chaque zone après puisage et application des apports et des pertes

16.13.9.3.2.1 Calcul des pertes

Les pertes sont les pertes thermiques du ballon vers l'air ambiant. Les pertes de chacune des deux zones sont données par les équations :

$$Pe_{z\_B}(h) = U_z \cdot (\theta_{z\_B}(h) - \theta_{amb}(h)) \quad (3120)$$

$$Pe_{z\_H}(h) = U_z \cdot (\theta_{z\_H}(h) - \theta_{amb}(h)) \quad (3121)$$

Les pertes du ballon sont donc la somme des pertes des deux zones.

$$P_e(h) = \sum_z Pe_z(h) = Pe_{z\_B}(h) + Pe_{z\_H}(h) \quad (3122)$$

Note : au premier pas de temps de la simulation, nous prendrons $\theta_{z\_B}(h-1) = \theta_{z\_H}(h-1) = 55^\circ\text{C}$.

16.13.9.3.3 Boucle itérative de puisage

Une partie des algorithmes ci-dessous est incluse dans une boucle itérative. Cette boucle (commencée dans la partie « gestion-régulation de la base du ballon ») est nécessaire pour calculer la totalité du volume puisé dans le ballon en tenant compte de l'évolution des températures de chaque zone du ballon due à l'effet piston.

16.13.9.3.3.1 Températures pendant le puisage

La température de l'eau chaude dans le ballon est déterminée en deux étapes.

- > Détermination d'une température intermédiaire après l'effet de la perte

$$\theta_{z\_B}(h-1) = \theta_{z\_B}(h-1) - \left(Pe_{z\_B} / (V_{z\_B} \cdot \rho_w \cdot c_w) \right) \quad (3123)$$

$$\theta_{z_H}(h-1) = \theta_{z_H}(h-1) - \left(P e_{z_H} / (V_{z_H} \cdot \rho_w \cdot c_w) \right) \quad (3124)$$

On calcule le nouveau volume du ballon :

Le volume des zones haute et basse est donné par les relations suivantes :

$$V_z = V_z - V_p \quad (3125)$$

$$V_{z_H} = V_{z_B} = V_z / 2 \quad (3126)$$

$$\theta_{z_B}(i) = \frac{\left((V_{z_B} - V_p/2) \cdot \theta_{z_B}(i-1) + V_p/2 \cdot \theta_{z_H}(i-1) \right)}{V_{z_B}} \quad (3127)$$

$$\theta_{z_H}(i) = \frac{V_{z_H} \cdot \theta_{z_H}(i-1)}{V_{z_H}} \quad (3128)$$

Après la boucle itérative de puisage

16.13.9.3.3.2 Température après puisage avec apports

> Calcul du volume d'eau chaude apportée par la PAC dans le ballon:

$$V_c = \frac{Q_{\text{fouPAC}}(h)}{(55 - \theta_{c_w}) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (3129)$$

> Détermination de la température finale après les éventuels mélanges l'eau chaude entrante

$$V_z = V_z + V_c \quad (3130)$$

Si $V_{z-H} + V_c = 0$, alors T_{z-H} et T_{z-B} restent inchangés.

$$\theta_{z_H}(i) = \frac{V_{z_H} \cdot \theta_{z_H}(i-1) + \min(V_c/2; V_{z_B}) \cdot \theta_{z_B}(i-1) + \max(V_c/2 - V_{z_B}; 0) \cdot \theta_{\text{entrant}}}{V_{z_H} + V_c/2} \quad (3131)$$

$$\theta_{z_B}(i) = \frac{(V_{z_B} \cdot \theta_{z_B}(i-1) + V_c/2 \cdot \theta_{entrant})}{V_{z_B} + V_c/2} \quad (3132)$$

$$V_{z_H} = V_{z_B} = V_z/2 \quad (3133)$$

16.14 C_GEN_Radiateur numérique Q.rad

16.14.1 INTRODUCTION

Le Q.rad de la société Qarnot Computing est un radiateur numérique permettant de recycler la chaleur fatale produite par les équipements informatiques, en la valorisant sous forme de chaleur utile pour le chauffage des locaux.

Le Q.rad est analogue à un radiateur électrique dans lequel l'élément chauffant à effet Joule est substitué par des processeurs informatiques. Il est piloté de façon à ajuster automatiquement la fréquence de ces processeurs pour atteindre et maintenir la température ambiante souhaitée. Le radiateur numérique peut également être mis en veille manuellement.

Le Q.rad est constitué des composants suivants (intégrés directement dans le Q.rad) :

- Un ensemble comprenant les cartes mères et processeurs de calcul ;
- Un routeur permettant de communiquer avec l'ambiance intérieur et d'envoyer les consignes du thermostat ;
- Un ensemble de capteurs constituant la partie « objet connecté » du radiateur ;
- Un bloc d'alimentation ;
- Un appoint électrique à effet Joule : il vise à compléter la puissance transmise au local, dans les périodes où la puissance thermique des cartes mères est insuffisante.

16.14.2 CHAMPS D'APPLICATION

La présente méthode n'est applicable pour une zone de bâtiment donnée que si cette zone n'est pas climatisée au sens de la RE2020.

La présente méthode s'applique à tous les bâtiments soumis à la RE2020.

16.14.3 NOMENCLATURE

Le Tableau 396 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{amb}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve le générateur, au pas de temps h .	°C
$Q_{req,ch}(h)$	Besoins en énergie de chauffage du groupe, au pas de temps h .	Wh

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$P_{w,max,Qrad,pc}$	Puissance maximale absorbée par le Radiateur Numérique Qrad à pleine charge (ensemble des composants).	W	0	$+\infty$	
$P_{w,max,CM,pc}$	Puissance maximale absorbée par les cartes mères seules à pleine charge.	W	0	$+\infty$	
$P_{w,Qrad,veille}$	Puissance électrique absorbée du Radiateur Numérique Qrad en mode veille englobant routeur, capteurs et alimentation associée.	W	0	$+\infty$	
η_{alim}	Efficacité du bloc d'alimentation du Radiateur Numérique Qrad.	-	0	1	
$f_{coupure}$	Fraction de consommation non-valorisable lors des périodes de coupure de signal internet.	%	0	100%	0,1 %

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage : 1</i>	Ent	0	6	1
id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 5</i>	Ent	1	6	5
$id_{fluide,aval}$	Nature du fluide aval : <i>2 : air</i>	Ent	1	2	2
R_{dim}	Nombre de générateur identique.	Ent	1	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité			
$Q_{fou}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	-
$\{Q_{cef}(h)\}$	Matrice des consommations par poste et par type d'énergie.	Wh	0	$+\infty$	-
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	-
$P_{n,gen,ch}$	Puissance de chauffage maximale de l'ensemble des Radiateurs Numériques.	W	0	$+\infty$	-
$Q_{CM}(h)$	Quantité d'énergie fournie spécifiquement par les cartes mères, hors auxiliaires.	Wh	0	$+\infty$	--
$Q_{rest,ch}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur).	Wh	0	$+\infty$	-
$\tau_{charge}(h)$	Taux de charge du générateur.	Réel	-	-	-
$\eta_{eff}(h)$	Efficacité du générateur en énergie finale.	Réel	-	-	-
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques récupérables, émise vers le volume chauffé.	Wh	0	$+\infty$	-

Variables internes

Nom	Description	Unité
P_{max}	Puissance thermique de chauffage maximale avec recours aux résistances électriques d'appoint.	W
$P_{max\_CMseules}$	Puissance thermique de chauffage maximale sans recours aux résistances électriques d'appoint (cartes mères et auxiliaires associés seulement).	W
W_{aux_veille}	Consommation électrique pour une heure de fonctionnement en mode veille.	Wh
$W_{alim}(h)$	Consommation électrique de l'alimentation au pas de temps h.	Wh
$W_{appoint}(h)$	Consommation électrique de l'appoint au pas de temps h.	Wh
$W_{CMseules}(h)$	Quantité d'énergie absorbée (= fournie) par les cartes mères seules au pas de temps h.	Wh

Constantes			
Nom	Description	Unité	Valeur
$\eta_{alim\_ref}(h)$	Efficacité de référence du bloc d'alimentation.	-	0,95

Tableau 396 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.14.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.14.4.1 Principe général

Le Radiateur Numérique Q.rad est pris en compte dans le moteur de calcul RE2020 au travers :

- d'une saisie adaptée des paramètres du composant émetteur de chauffage de la méthode Th-BCE
- d'un algorithme de comptabilisation des consommations, sous forme d'un générateur de chauffage Q.rad intégré au moteur de calcul.

L'émetteur de chauffage correspondant au système Q.rad doit être paramétré de la façon suivante :

Typologie_Emetteur_Chau	2 : Emetteurs muraux rayonnants (panneaux rayonnants, ...)
Classe_Variation_Spatiale	4 : Classe B3
Statut_Variation_Temporel	2 : Valeur pas défaut
Couple_Regulateur_Emett	0 : Couple régulateur/émetteur ne permettant pas un arrêt total de l'émission
detection_presence	0 -> Autres cas
Gest_vcv	0 -> Pas de ventilateur

16.14.4.2 Modélisation du générateur de chauffage Q.rad

La prise en compte du système de chauffage par radiateur numérique Q.rad dans la RE2020 détermine le niveau de fonctionnalités à chaque pas de temps de la saison de chauffage quel mode de fonctionnement s'applique.

Elle permet de comptabiliser les consommations électriques en énergie finale de différents composants du système incluant le routeur, les capteurs, le bloc d'alimentation et l'appoint électrique (effet Joule) dans le poste chauffage.

Le Q.rad ne s'active que lorsqu'il y a un besoin de chauffage, généralement pendant la saison de chauffage. Il peut fonctionner dans trois modes :

- **Mode veille** : Les besoins de chauffage sont nuls, le Qrad bascule en mode « veille ». Dans ce cas, il consomme une quantité d'énergie résiduelle, correspondant à l'alimentation des capteurs et du routeur. Cette consommation est comptabilisée sur le poste chauffage.
- **Mode cartes mères seules** : Les besoins de chauffage peuvent être assurés par les cartes mères, ainsi que les auxiliaires associés à leur fonctionnement (routeur, alimentation, capteurs), sans recours aux résistances électriques auxiliaires d'appoint.

La consommation électrique des cartes mères est considérée comme gratuite, car elle est associée à un processus de calcul utile.

Pour ce qui est du bloc d'alimentation, sa consommation est comptabilisée dans le poste chauffage, mais uniquement au-delà d'une fraction considérée comme irréductible et intrinsèque au processus de calcul numérique. Cette fraction irréductible correspond conventionnellement à une efficacité d'alimentation de référence de 95%.

La consommation du routeur et des capteurs sont comptabilisées intégralement dans le poste chauffage.

- **Mode cartes mères et résistances électriques d'appoint** : Les besoins de chauffage ne peuvent pas être assurés par les cartes mères et auxiliaires seulement (routeur, alimentation et capteurs). Le traitement est le même que pour le mode "cartes mères seules", sauf que les résistances électriques d'appoint sont utilisées pour compléter la puissance fournie. Leurs consommations sont comptabilisées dans le poste chauffage.

Par ailleurs, une fraction des puissances électriques absorbées par les cartes mères ($f_{coupure}$) est comptabilisée pour prendre en compte les absences très ponctuelles de calcul disponible à communiquer au Q.rad. Elle représente l'ensemble des consommations des processeurs lorsque le Q.rad perd momentanément la connexion internet

Les différentes étapes de la modélisation du radiateur numérique Q.rad sont présentées de manière séquentielle dans les paragraphes ci-dessous.

16.14.4.2.1 Quantité d'énergie fournie par le générateur pour tout mode sollicité

En premier le lieu, on introduit W_{aux_veille} la consommation électrique pour une heure de fonctionnement de l'ensemble des auxiliaires du radiateur numérique en mode veille, à savoir les capteurs, le routeur et l'alimentation. Cette consommation est calculée selon la formule suivante :

$$W_{aux\_veille} = R_{dim} \cdot P_{w\_max\_Qrad\_veille} \quad (313/4)$$

La puissance de chauffage maximale à disposition avec appoint (résistances électriques) est égale à la puissance maximale absorbée par le radiateur numérique Q.rad à pleine charge (appoint et auxiliaires) par l'ensemble des R_{dim} radiateurs radiateur numérique identiques.

$$P_{max} = P_{n,gen,ch} = R_{dim} \cdot P_{w\_max\_Qrad\_pc} \quad (313/5)$$

De même, on définit la puissance de chauffage maximale fournie sans appoint, comprenant les cartes mères et les auxiliaires associés (routeur, capteurs et alimentation).

$$P_{max\_CMseules} = W_{aux\_veille} + R_{dim} \cdot \frac{1}{\eta_{alim}} \cdot P_{w\_max\_CM\_pc} \quad (313/6)$$

La quantité d'énergie totale effectivement fournie par le générateur (Système Q.rad) pour tout mode sollicité est plafonnée par la puissance thermique de chauffage maximale avec recours à l'appoint (P_{max}) et les besoins énergétiques de chauffage, au pas de temps horaire.

$$Q_{fou}(h) = MIN(Q_{req\_ch}(h) ; P_{max}) \quad (313/7)$$

La quantité d'énergie restant à fournir, au pas de temps suivant est calculée en fonction des besoins énergétiques de chauffage, au pas de temps horaire et la quantité d'énergie totale fournie par le générateur Q.rad.

$$Q_{rest,ch}(h) = Q_{req\_ch}(h) - Q_{fou}(h) \quad (313/8)$$

16.14.4.2.2 Quantité d'énergie consommée pour les trois modes

En service, l'intégralité de la puissance absorbée contribue à l'augmentation de la température de l'air intérieur et donc à atteindre et maintenir la température de consigne de chauffage.

▣ Si $Q_{fou}(h) \leq W_{aux\_veille}$, alors : mode veille

Dans ce mode veille, la consommation est égale à la consommation du mode veille, est donc :

$$Q_{fou}(h) = W_{aux\_veille} \quad (3139)$$

Cette quantité d'énergie consommée est considérée comme non-récupérable, d'où :

$$\Phi_{vc}(h) = 0 \text{ (W)} \quad (3140)$$

▣ Sinon $Q_{fou}(h) \leq P_{max,CMseules}$, alors : mode cartes mères seules

Dans ce mode de fonctionnement, le radiateur numérique fonctionne sans recours à l'appoint (puissance thermique cumulée des cartes mères et auxiliaires suffit à répondre aux besoins de chauffage).

La quantité d'énergie fournie spécifiquement par les cartes mères, hors auxiliaires, ($Q_{CM}(h)$) est calculée à partir de la quantité d'énergie totale fournie par le générateur Q.rad pour tout mode sollicité ($Q_{fou}(h)$) et des autres contributions apportées par les auxiliaires (W_{aux_veille}) ainsi que la puissance maximale absorbée par les cartes mères seules à pleine charge ($P_{w\_max\_CM\_pc}$).

Il est à souligner que la quantité d'énergie fournie par les cartes mères, hors auxiliaires ($Q_{CM}(h)$), composante de la consommation du radiateur numérique Q.rad, n'est pas comptabilisée dans le calcul réglementaire.

$$Q_{CM}(h) = MIN \left(R_{dim} \cdot P_{w\_max\_CM\_pc} ; \eta_{alim} \cdot (Q_{fou}(h) - W_{aux\_veille}) \right) \quad (3141)$$

La consommation associée à l'alimentation des cartes mère, notée $W_{alim}(h)$ est calculée à partir de l'efficacité du bloc d'alimentation (η_{alim}), en déduisant la consommation équivalente à celle de l'alimentation de référence ($\eta_{alim\_ref}(h)$), fixée à 0,95 :

$$W_{alim}(h) = MAX \left(0 ; \frac{1}{\eta_{alim}} - \frac{1}{\eta_{alim\_ref}} \right) \cdot Q_{CM}(h) \quad (3142)$$

La consommation d'appoint est nulle :

$$W_{appoint}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (3143)$$

▣ Sinon $Q_{fou}(h) > P_{max,CMseules}$, alors : mode cartes mères et résistances électriques d'appoint

Dans ce dernier mode de fonctionnement, les cartes mères fonctionnent à pleine charge, à la puissance maximale absorbée ($P_{w\_max\_CM\_pc}$) en ayant recours à l'appoint car la température de consigne ne peut être atteinte en mode cartes mères seules.

Ainsi :

$$Q_{CM}(h) = R_{dim} \cdot P_{w\_max\_CM\_pc} \quad (314 \quad 4)$$

La consommation associée à l'alimentation des cartes mère ($W_{alim}(h)$) est calculée selon l'éq. (9)

Enfin, on comptabilise la consommation de l'appoint correspondant à la quantité de chaleur fournie au-delà de la quantité fournie par les cartes mères et les auxiliaires $P_{max\_CMseules}$:

$$W_{appoint}(h) = Q_{fou}(h) - P_{max\_CMseules} \quad (314 \quad 5)$$

Au final, on additionne les consommations des différents composants du radiateur numérique pour obtenir sa consommation horaire du générateur en énergie finale ($Q_{conso}(h)$). On ajoute à cette somme un terme proportionnel à la quantité d'énergie fournie spécifiquement par les cartes mères, hors auxiliaires ($Q_{CM}(h)$) pour intégrer le risque d'absence de calcul numérique disponible. Ce terme correspondant à la fraction de consommation non-valorisable lors des périodes de coupure de signal internet de plus de quelques heures ($f_{coupure}$) et qui correspond à un taux forfaitaire de 0,1%.

$$Q_{cons}(h) = W_{aux\_veille} + W_{alim}(h) + W_{appoint}(h) + f_{coupure} \cdot Q_{CM}(h) \quad (314 \quad 6)$$

A l'issue du calcul, la matrice des consommations du générateur $\{Q_{cef}(h)\}$ est remplie dans la case correspondant au poste chauffage et à l'énergie principale « électricité ».

16.15 C_GEN_ Chaudière numérique et rechauffeur de boucle QB1

16.15.1 INTRODUCTION

16.15.1.1 Description du concept

Ce système est une chaudière numérique permettant de chauffer directement de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS), en captant la chaleur dégagée par les processeurs informatiques.

Les data centers consomment des quantités importantes d'électricité, environ 9% en France d'après EDF, dont près de 40% sont dédiés au refroidissement des machines informatiques. Non seulement la chaleur est perdue mais elle nécessite en plus une consommation électrique supplémentaire pour l'évacuer.

La chaudière numérique est un moyen de capter et de valoriser cette chaleur fatale produite par les équipements informatiques, en la valorisant sous forme d'Eau Chaude Sanitaire. En effet, au lieu de déplacer la chaleur (beaucoup de perte, coûts d'ingénierie et investissement important, modèle non répliquable à grande échelle...), la solution consiste à déplacer un morceau de data center au sein des bâtiments où la chaleur sera utile. La chaudière numérique est ainsi un générateur de puissance destiné à assurer la base de chauffage nécessaire à l'ECS, et à être associée à un générateur d'appoint, et ensuite être couplée avec un ballon tampon ou être utilisée en retour de bouclage.

16.15.1.2 Principe de fonctionnement et caractéristiques

La chaudière numérique est un générateur d'eau chaude, grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques lors des calculs.

Cette chaleur étant un déchet pour l'informatique, il est nécessaire de l'évacuer. Ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur pour produire de l'Eau Chaude Sanitaire. Ce système peut fournir jusqu'à 3000W par module selon les configurations. Les performances en termes de température et de puissance dépendent du matériel informatique utilisé. L'appoint et les éventuels circulateurs ne sont pas intégrés au système qui est uniquement une source de puissance.

Pour fonctionner les chaudières numériques doivent être connecté à l'électricité, à l'eau et à un réseau informatique opéré par Qarnot. En pied d'immeuble, il est nécessaire de disposer d'une baie informatique faisant le lien avec l'accès internet et qui pilotera l'envoi des calculs informatiques sur la ou les chaudières, comme dans le cas des radiateurs. Il est possible d'associer plusieurs modules en série ou en parallèle, ou série parallèle en fonction des installations.

L'eau circule en direct, sans circuit primaire / secondaire, le processeur est directement plaqué contre un dissipateur en aluminium qui enserre en sandwich un tuyau en cuivre.

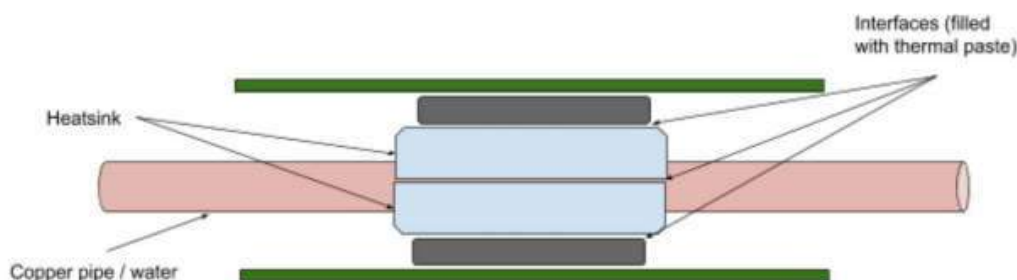


Figure 221 : Principe de chauffage ECS direct de la chaudière numérique

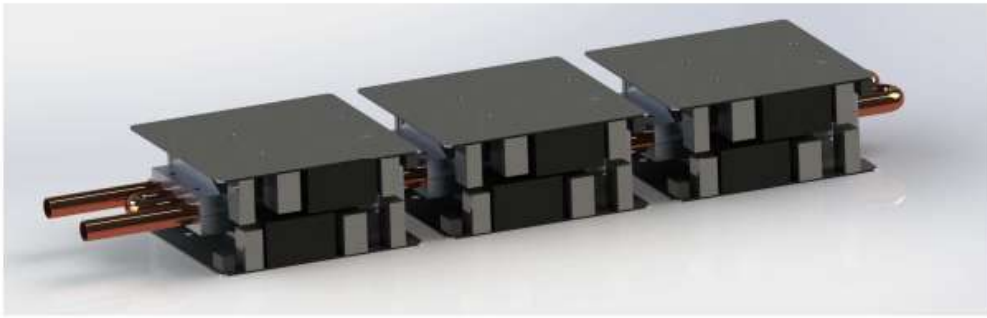


Figure 222 : Module de 6 cartes mères de chauffage, jusqu'à 4 par chaudière numérique

La chaudière numérique peut être connectée à un ballon de stockage avec échangeur ou intégré dans d'autres modes de fonctionnement comme en réchauffage de boucle par exemple. Il peut être complété par un système d'appoint.

16.15.1.3 Contraintes d'installation

La chaudière numérique s'installe comme une chaudière électrique, sur une prise électrique suffisamment puissante.

Il est également nécessaire de la relier à la connexion internet permettant d'acheminer les calculs nécessaires à la génération de chaleur. Cette connexion est mise en place de manière autonome via un réseau mis en place spécifiquement. Pour ce faire il est indispensable d'utiliser un réseau câblé Ethernet / RJ45 dédié, ou éventuellement une fibre optique.

Ce réseau spécifique répond à un cahier des charges contraignant : il est constitué d'un point d'entrée pour piloter l'installation connecté à internet par fibre optique obligatoirement permettant un accès haut débit.

Les utilisations envisagées portent sur l'Eau Chaude Sanitaire collective dans le cadre de cette demande de titre 5.

L'idée est de fonctionner en continu, à débit constant, pour assurer la base des besoins selon les configurations. En complément, il s'agira d'ajouter un appoint par rapport aux configurations standards pour assurer les besoins au-delà de la base. Les configurations standards sont uniquement indicatives dans la mesure où le bureau d'étude est évidemment impliqué dans la conception du circuit hydraulique qui pourra intégrer la chaudière numérique dans des conditions optimales de fonctionnement (techniques et économiques) pour elle-même et pour le bâtiment.

16.15.2 CHAMP D'APPLICATION

La chaudière numérique peut être déployée sur tout type de bâtiment, pour la production d'Eau Chaude Sanitaire collective. On trouve notamment les usages ci-dessous

- logements collectifs
- Enseignement secondaire (partie nuit)
- Etablissement sanitaire avec hébergement
- Hôpital
- Hôtel
- Restauration

L'objectif est de couvrir deux usages liés à l'Eau Chaude Sanitaire :

- Le chauffage de base du ballon (cf. chapitre 16.15.3),
- Le réchauffage de la boucle de distribution d'ECS au niveau du retour (cf. chapitre 16.15.4)

Les deux usages couvrent uniquement le domaine de l'ECS mais ne couvrent pas le domaine du chauffage. Les modélisations sont présentées dans deux fiches algorithmes visant à considérer une prise en compte de la chaleur produite par la chaudière numérique comme de la chaleur fatale.

16.15.3 CHAUDIERE NUMERIQUE – CHAUFFAGE DE BASE DU BALLON

16.15.3.1 Nomenclature

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de la chaudière numérique QB1. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Génération	$\theta_{\text{aval,ecs}}(h)$	Températures de la source aval du générateur	°C			
	$Q_{\text{req,ecs}}(h)$	Demande en énergie transmise au générateur via la gestion/régulation de la génération	W			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	Rdim	Nombre de générateurs identiques	Ent	1	$+\infty$	
	Pnom_chaudière	Puissance thermique nominale d'une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	
	Paux_chaudière	Puissance électrique des auxiliaires dédiés à une chaudière numérique	W	0	$+\infty$	
	$\theta_{\text{max\_Pmax}}$	Température de la source aval maximale pour fournir Pnom_chaudière	°C	0	100	
	θ_{max}	Température de la source aval maximale de fonctionnement de la chaudière numérique	°C	0	100	
	$\alpha_{\text{Pfou\_QB-1}}$	Coefficient directeur de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{\text{max\_Pmax}} \leq \theta_{\text{aval}} \leq \theta_{\text{max}}$	W.°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\beta_{\text{Pfou\_QB-1}}$	Ordonnée à l'origine de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{\text{max\_Pmax}} \leq \theta_{\text{aval}} \leq \theta_{\text{max}}$	W	0	$+\infty$	
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	idfougen gnr	Fonction de la chaudière numérique compris dans la génération : 3 : ECS	Ent	0	5	3
	Idfluide_aval	Nature du fluide aval : 1 : eau 2 : air 3 : sol	Ent	0	5	3
	ID_En_Gen	Fonction de la chaudière numérique compris dans la génération : 3 : ECS	Ent	0	5	3
Sortie						

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par la chaudière numérique	Wh	0	$+\infty$	0
$Q_{aux}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	$+\infty$	0
$\{Q_{cef\_ecs(id\_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs. L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.	Wh	0	$+\infty$	0
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire de la chaudière numérique en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	0

Tableau 397 : Nomenclature du modèle

16.15.3.2 Description mathématique de la chaudière numérique QB1

16.15.3.2.1 Calcul de la quantité d'énergie fournie par la chaudière numérique QB1

La consommation électrique des équipements informatiques est considérée comme gratuite, sauf pour les systèmes auxiliaires.

L'énergie disponible de la chaudière numérique au réseau d'ECS est égale à :

Si $\theta_{aval} \leq \theta_{max\_Pmax}$:

La chaudière numérique peut fonctionner à sa puissance nominale.

$$Pfou = P_{nom\_chaudiere} * R_{dim} * 1000 [Wh] \quad (3147)$$

Si $\theta_{max\_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$

L'eau en entrée de la chaudière modifie le comportement de la chaudière et limite la puissance thermique disponible en sortie. Les serveurs ne sont plus refroidis correctement, automatiquement les serveurs réduisent leur consommation et fonctionnent en mode dégradé pour protéger leur intégrité.

Cette perte de puissance se modélise de la manière suivante :

$$Pfou(\theta_{aval}) = \alpha Pfou_{QB-1} * \theta_{aval} + \beta Pfou_{QB-1} [Wh] \quad (3148)$$

Si $\theta_{aval} \geq \theta_{max}$

Pour une température θ_{aval} supérieure θ_{max} l'eau en entrée de la chaudière n'est plus capable de refroidir correctement les serveurs informatiques, dès lors les mécanismes d'autoprotection des processeurs arrêtent les serveurs, les alimentations sont également éteintes. La fonction de chauffage de l'eau est par conséquent également arrêtée.

$$Pfou = 0 [Wh] \quad (3149)$$

16.15.3.2.2 Calcul de la quantité d'énergie consommée

La puissance des auxiliaires de circulation devra être calculée au niveau de sa contribution réelle, sous forme d'énergie électrique. On considère ici les puissances des éléments électroniques dont la chaleur n'est pas récupérée (routeur et cartes de contrôle), ainsi que les éventuels auxiliaires de circulation (pompes, circulateur) indispensable au fonctionnement de la chaudière numérique.

$$P_{aux} = P_{aux_{electronique}} + P_{aux_{circulation}} [W] \quad (3150)$$

La totalité de l'énergie thermique fournie correspond à de la chaleur fatale produite par le système informatique et récupérée pour le chauffage de l'eau, par conséquent ne doit pas être comptabilisée. L'énergie électrique consommée par les auxiliaires doit en revanche être comptabilisée.

$$Q_{cons} = P_{aux} * 2,3 [Wh] \quad (3151)$$

16.15.4 CHAUDIERE NUMERIQUE - RECHAUFFEUR DE BOUCLE

Ce chapitre vise la prise en compte de la chaudière numérique, en tant que réchauffeur de boucle, placée en fin de bouclage. Ce réseau / système, relié en amont à une génération et en aval à un (ou plusieurs) réseau(x) de distribution internes au groupe, peut être commune à plusieurs bâtiments.

Le système est une chaudière permettant de chauffer l'eau grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques, soit des CPU, éventuellement des GPU ou n'importe quel autre type de processeurs, lors des calculs. Cette chaleur est un déchet pour l'informatique, il est donc nécessaire de l'évacuer, ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur. Cette eau est ainsi chauffée.

La présente fiche définit la méthode de calcul de la consommation de la chaudière numérique de la société Qarnot computing en fonction des pertes du réseau de distribution intergroupe, permettant le maintien en température. Les caractéristiques principales d'un réseau sont ses pertes (en W/K), dont une partie seulement est récupérable par un groupe), sa température et les consommations de ses auxiliaires.

16.15.4.1 Nomenclature

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de réchauffeur de boucle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m ²
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C
	$\theta_{b4}^{centr}(h-1)$	Température de la zone supérieure du ballon centralisé au début du pas de temps (pour les PCAD)	°C
	$i_{ecs}^{ds-e}(j)$	Indicateur qui précise, pour chaque distribution du groupe, si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier

Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$L_{vc\_prim\_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé en volume chauffé	m	0	+∞	-
	R_{dim}	Nombre de générateurs identiques	Ent	1	+∞	-
	$L_{hvc\_prim\_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé hors volume chauffé	m	0	+∞	-

$L_{vc\_prim\_trac-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe tracé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
$L_{hvc\_prim\_trac-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe tracé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
U_{prim-e}	Coefficient de transfert thermique linéique spécifique de la distribution intergroupe d'ECS	W/mK	0	$+\infty$	-
$I_{srechauf\_bcl-e}$	Présence d'un réchauffeur de boucle (=0 pas de réchauffeur / =1 présence d'un réchauffeur). Uniquement pour les réseaux bouclés.	-	0	1	-
$P_{nom\_chaudière}$	Puissance thermique nominale d'une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-
$P_{aux\_chaudière}$	Puissance électrique des auxiliaires dédiés à une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-
ϑ_{max_Pmax}	Température de la source aval maximale pour fournir $P_{nom\_chaudière}$	kW	0	$+\infty$	-
ϑ_{max}	Température de la source aval maximale pour de fonctionnement de la chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-
ϑ_{max}	Coefficient directeur de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{max\_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$	W.°C ⁻¹	$-\infty$	0	-
ϑ_{max}	Ordonnée à l'origine de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{max\_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$	W	0	$+\infty$	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Type_{réseauintergroupe-e}$	Type du réseau de distribution intergroupe ECS (=0 si pas de réseau intergroupe / =1 si bouclé / =2 si tracé)	-	1	1	1
$Type_{gest\_circ-e}$	Type de gestion des circulateurs du réseau de distribution intergroupe d'ECS (=0 si pas de gestion / =1 si arrêt des circulateurs en vacances)	-	0	1	-
P_{circ-e}	Puissance des circulateurs du réseau intergroupe bouclé d'ECS	W	0	$+\infty$	-
Q_{rest}	Energie restante nécessaire pour compenser les pertes du réseau (énergie envoyée au générateur ECS)	Wh	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{w\_prim-e}(h)$	Besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe	Wh
θ_{moy_prim-e}	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
$W_{aux\_prim-e}^{dp-e}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale	Wh
$W_{aux\_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, répartie au niveau du groupe	Wh
$W_{rechauf\_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
$\Phi_{aux\_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
$\Phi_{pertes\_vc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$\Phi_{pertes\_hvc\_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh

$id_{encl-e}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération	entier
$Rat_{besoins\_prim\_e}^g(r(h))$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces\_prim\_e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe relié à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess_e}	Surface totale des émetteurs desservis par cette distribution intergroupe	m ²

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{départ\_prim-e}$	Température de la boucle départ du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
θ_{retour_prim-e}	Température de la boucle retour du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
L_{vc_prim-e}	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe en volume chauffé	m
L_{hvc_prim-e}	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe hors volume chauffé	m
W_{circ_prim-e}	Consommation des circulateurs de la distribution intergroupe bouclée d'ECS	Wh
W_{trac_prim-e}	Consommation des traceurs de la distribution intergroupe tracée d'ECS	Wh
$ds-e$	Caractérise la distribution du groupe d'ECS	-
$dp-e$	Caractérise la distribution intergroupe d'ECS	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
θ_{amb}	Température de l'ambiance dans laquelle circule la partie en volume chauffé de la distribution intergroupe d'ECS	°C	20
P_{circ_vc-e}	Part de la puissance des auxiliaires de distribution intergroupe ECS transmise sous forme de chaleur, récupérable par l'ambiance	°C	0
$Fonction_{prim}$	Identificateur de la distribution : Chauffage (1), froid (2), ECS (3)	°C	3

Tableau 398 : Nomenclature du modèle de réchauffeur de boucle

16.15.4.2 Description mathématique de la chaudière numérique réchauffeur de boucle

16.15.4.2.1 Principes et définition

Un réseau intergroupe est obligatoirement relié, en aval, à au moins un réseau de distribution interne à un groupe et en amont à une seule génération (dans laquelle au moins un générateur produira de l'ECS).

Le réseau intergroupe d'ECS est maintenu en température afin de réduire le temps d'attente de l'eau chaude aux émetteurs. La consommation d'énergie supplémentaire engendrée par le maintien en température est autorisée par le fait que le confort de l'occupant est significativement amélioré. Le maintien en température du réseau est fait via la chaudière numérique.

16.15.4.2.2 Calcul de la quantité d'énergie fournie

La chaudière numérique réchauffeur de boucle compense les pertes du réseau de distribution intergroupe bouclé en fournissant de l'énergie thermique (en Wh) via un échangeur de chaleur. La consommation électrique du réchauffeur de boucle est considérée comme gratuite, sauf pour les systèmes auxiliaires.

L'énergie disponible de la chaudière numérique au réseau d'ECS est égale à :

Si $\theta_{moy\_prim-e} \leq \theta_{max\_Pmax}$:

La chaudière numérique peut fonctionner à sa puissance nominale. Le refroidissement des serveurs se fait de manière satisfaisante. C'est la plage de fonctionnement recommandée.

$$PPfou(h) = P_{nom\_chaudière} * R_{dim} * 1000 [Wh] \quad (3152)$$

Si $\theta_{max\_Pmax} < \theta_{moy\_prim-e} \leq \theta_{max}$:

L'eau en entrée de la chaudière modifie le comportement de la chaudière et limite la puissance thermique disponible en sortie. Les serveurs ne sont plus refroidis correctement, automatiquement les serveurs réduisent leur consommation et fonctionnent en mode dégradé pour protéger leur intégrité. Cette perte de puissance se modélise de la manière suivante :

$$Pfou(\theta_{moy\_prim-e}) = \alpha Pfou_{QB-1} * \theta_{moy\_prim-e} + \beta Pfou_{QB-1} [Wh] \quad (3153)$$

Si $\theta_{moy\_prim-e} > \theta_{max}$:

Pour une température θ_{aval} supérieure θ_{max} l'eau en entrée de la chaudière n'est plus capable de refroidir correctement les serveurs informatiques, dès lors les mécanismes d'autoprotection des processeurs arrêtent les serveurs, les alimentations sont également éteintes. La fonction de chauffage de l'eau est par conséquent également arrêtée.

$$Pfou(h) = 0 [Wh] \quad (3154)$$

Si la puissance du réchauffeur de boucle est insuffisante ($Pfou(h)$), la puissance restante (Q_{rest}) est renvoyée sur la génération ECS.

$$Q_{rest}(h) = MAX(0; Q_{req}(h) - Pfou(h)) \quad (3155)$$

La formule pour le calcul des besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe prend donc la forme :

$$Q_{w_{prim-e}}(h) = Q_{rest} + \sum_{ds-e} (Q^{ds-e}_{2nd-e}(h)) \quad (3156)$$

La consommation des auxiliaires du système sont attribués à la consommation électrique du réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale.

$$W_{rechauf_{prim-e}}(h) = P_{aux\_chaudière}(h) \quad (3157)$$

16.16 C_GEN_Appoint thermodynamique (ECS et double service)

16.16.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système dit « appoint thermodynamique ». Il vise les générateurs thermodynamiques à compression électrique utilisés en tant qu'appoint de système de production ECS à accumulation.

Un appoint thermodynamique est une pompe à chaleur à compression électrique utilisée en tant que générateur d'appoint d'un système de production d'ECS à accumulation au sens de la RT2012 et de la méthode Th-BCE 2012. Cette pompe à chaleur peut également servir de générateur de chauffage, on parle alors d'appoint thermodynamique double service.

Les appoints thermodynamiques sont en général utilisés en association avec une base de type boucle solaire (chauffe-eau thermodynamique avec raccordement solaire, chauffe-eau solaire avec appoint thermodynamique...). L'appoint thermodynamique peut néanmoins aussi être utilisé avec tout autre type de générateur de base (à combustion, réseau de chaleur...).

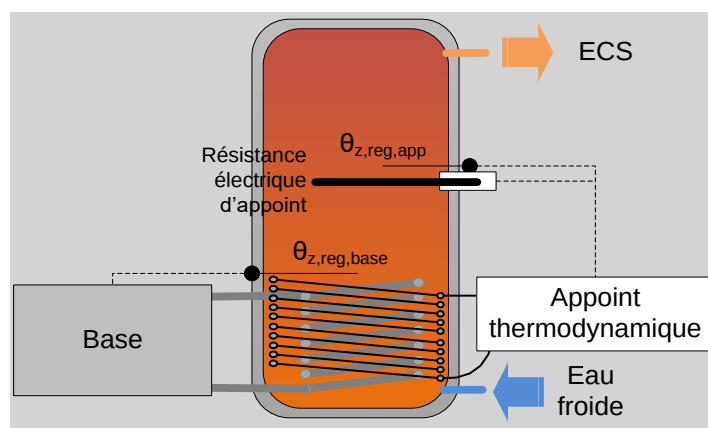


Figure 223: représentation d'un assemblage de production ECS accumulée à deux appoints (thermodynamique et résistance électrique)

L'ensemble peut être complété par un troisième générateur de type résistance électrique, situé en partie haute du ballon de stockage et visant essentiellement à prendre le relais lors des périodes d'arrêt du générateur de base et de la pompe à chaleur.

En ce qui concerne la fonction ECS, l'appoint thermodynamique est régulé par rapport à un ou plusieurs points de températures à l'intérieur du ballon de stockage.

Il existe plusieurs solutions de raccordements possibles entre l'appoint thermodynamique et le ballon de stockage :

- condenseur en serpentins directement positionné à l'intérieur du ballon,
- condenseur externe au ballon et échangeur à eau de type serpentins directement positionné à l'intérieur du ballon,
- échangeur externe au ballon.

16.16.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode est applicable à tout système correspondant à la description ci-dessus, pour tout type de bâtiments, quelles que soient la zone climatique et l'altitude du projet.

Les types d'appoints thermodynamiques « ECS seule » pris en compte sont ceux définis dans la méthode Th-BCE 2020, §8.23, c'est-à-dire :

- air extérieur/eau,
- air extrait/eau,
- air ambiant/eau,
- eau glycolée/eau,
- eau (de nappe)/eau,
- sol/eau.

Les types d'appoints thermodynamiques double service pris en compte sont ceux définis dans la méthode Th-BCE 2020, §8.23, c'est-à-dire :

- air extérieur/eau,
- eau glycolée/eau,
- eau (de nappe)/eau,
- sol/eau.

16.16.3 NOMENCLATURE

Le *Tableau 399* donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
	$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont (air extérieur, eau de nappe, eau glycolée).	$^{\circ}C$
Génération	θ_{aval}	Température de la source aval (eau du circuit de chauffage, du ballon d'eau chaude)	$^{\circ}C$
	Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W

$R_{\text{puis\_dispo}}$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$i_{\text{ECS\_seule}}$	Indicateur de production ECS seule.	Bool
$P_{\text{fou\_source\_amont\_maxi}}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc})	W

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS seule ; 4 : Chauffage et ECS	Ent	3	4	
Is_RE	Présence et type de gestion de la résistance électrique d'appoint (3 ^{ème} générateur) : Absence de résistance électrique d'appoint : 0 Appoint électrique activé jour et nuit : 1 Appoint électrique activé de nuit seulement : 2	Ent	0	2	
$P_{\text{nom\_RE}}$	Puissance thermique nominale de la résistance électrique d'appoint	W	0	+∞	
$f_{\text{aux\_RE}}$	Fraction volumique du ballon couverte par la résistance électrique	Réel	0	1	
f_{aux}	Fraction volumique du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
$\text{Rat\_}f_{\text{aux}}$	Ratio de la fraction du ballon couverte par la résistance électrique sur la fraction du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Cat	Catégorie de générateur : 503 : pompe à chaleur à compression électrique (simple service) 1001: pompe à chaleur à compression électrique double service en fonctionnement alterné	Ent			1001
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
$\text{Id}_{\text{fluide\_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	
$\text{Id}_{\text{fluide\_amont}}$	Nature de la source amont : 1 : eau, 2 : air, 3 : sol	Ent	1	3	3
Sys_thermo	Technologie de la PAC : 1 : PAC air extérieur/ eau 2 : PAC eau de nappe / eau 3 : PAC eau glycolée / eau 4: PAC sol/ eau 5 : PAC air extrait / eau (ECS seule uniquement) 6 : PAC air ambiant / eau (ECS seule uniquement)	Ent	1	6	

$\{\theta_{aval}(i)\}_{ch}$	Liste des températures aval principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	Voir selon technologie
$\{\theta_{aval}(i)\}_{ecs}$					
$\{\theta_{amont}(i)\}_{ch}$	Liste des températures amont principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	
$\{\theta_{amont}(i)\}_{ecs}$					
$N_{\theta_{aval\_ch}}$	Nombre de températures aval principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
$N_{\theta_{aval\_ecs}}$					
$N_{\theta_{amont\_ch}}$	Nombre de températures amont principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
$N_{\theta_{amont\_ecs}}$					
Statut_données_P	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS :				
C_ch	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées	Ent	1	-	
Statut_données_P	2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée				
C_ECS					

Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des statuts de données en chauffage : 1 : <i>valeurs certifiées</i> , 2 : <i>valeurs justifiées</i> .	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en chauffage	{-}	0	+□	
$\{P_{abs}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en chauffage	{kW}	0	+□	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage

StatutCOP_pivot_ch	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en chauffage : 1 : <i>valeurs déclarées</i> 2 : <i>valeur par défaut</i>	Ent	1	2	-
COP_pivot_ch	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	-	0	+□	-
Pabs_pivot_ch	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	kW	0	+□	-

Saisie des performances certifiées ou justifiées en production ECS

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en production ECS : 1 : <i>valeurs certifiées</i> , 2 : <i>valeurs justifiées</i> .	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en production ECS	{-}	0	+□	
$\{P_{abs}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en production ECS	{kW}	0	+□	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en production ECS

StatutCOP_pivot_ecs	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en production ECS : 1 : <i>valeurs déclarées</i> 2 : <i>valeur par défaut</i>	Ent	1	2	-
COP_pivot_ecs	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de	-	0	+□	-

	performance certifiée ou justifiée en production ECS.				
P _{abs_pivot_ecs}	Valeur pivot déclarée de puissance absorbée lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	kW	0	+	-

Limites de fonctionnement de la machine en mode chauffage/en mode production ECS

	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré :				
Lim_θ _{ch}	0 = pas de limite				
Lim_θ _{ecs}	1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source	Ent	0	2	-
	2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source				
θ _{max_av_ch}	Température maximale aval en mode chauffage ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	-
θ _{min_am_ch}	Température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	-50	100	-

Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule) ou en chauffage (double service)

Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle :	Ent	0	1	
	0 : par défaut				
	1 : déclarée				
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur :	Ent	1	2	
	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt				
	2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur				
Statut_fonct_continu	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») :	Ent	0	2	
	2 : par défaut				
	1 : justifié				
	0 : certifié				
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
Deq	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D _{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	

Puissance d'auxiliaires de la machine

Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine :	Ent	0	1	
	0 : par défaut				
	1 : déclarée				
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	

Préprocesseur : composition des matrices de performance

{Cnn _{av_Pabs} (θ _i , θ _j)} _{ch}	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température aval θ _i en fonction de Pabs à la température aval θ _k , à une température amont donnée.	Réel			Voir selon technologie
{Cnn _{av_Pabs} (θ _i , θ _j)} _{ecs}					

$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_i en fonction de Pabs à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel
$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$		
$\{Cnn_{av\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température aval θ_i en fonction du COP ou EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel
$\{Cnn_{av\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$		
$\{Cnn_{am\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température amont θ_i en fonction du COP ou EER à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel
$\{Cnn_{am\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$		

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Typo_emetteur r_{ch}	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage : 1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti, 2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie moyenne, 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère: systèmes à air.	Ent	1	4	
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,ch}$ $Q_{fou,ecs}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
$Q_{rest,ch}$ $Q_{rest,ecs}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présentée sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh
$\eta_{eff,ch}$ $\eta_{eff,ecs}$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$T_{charge,ch}$ $T_{charge,ecs}$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$\Phi_{rejet,ch}$ $\Phi_{rejet,ecs}$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh
P_{abs_pc}	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\{COP_{util}(i,j)\}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données	{-}

LR_{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
COP_{pc}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-
COP_{LR}		
COP_{pc_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-
$COP_{LRcontmin}$		
COP_{LR_net}		
P_{fou_pc}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
$P_{fou\_LRcontmin}$		
P_{fou_LR}		
P_{abs_pc}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
P_{abs_LR}		
P_{comp_PC}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W
$P_{comp\_LRcontmin}$		
P_{comp_LR}		
$P_{fou\_pc\_brut}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W
$P_{aux\_commune}$	Puissance d'auxiliaires déterminée sur la base du $Taux_{ch}$ et de la puissance absorbée nominale en chauffage.	W
$W_{aux,0}$	Puissance effective appelée par les auxiliaires à charge nulle	W
P_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
$Ccp_{LRcontmin\_net}$	Correction du COP « <i>net</i> » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-
Q_{reqact}	Quantité d'énergie requise ramenée à un seul générateur sur les R_{dim} générateurs identiques	W
$Q_{restact}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, pour un seul générateur sur les R_{dim} générateurs identiques	Wh
Q_{req_RE}	Quantité d'énergie à fournir par la résistance électrique d'appoint	Wh
$Q_{fou,RE}$	Quantité d'énergie fournie par la résistance électrique d'appoint	Wh
$Q_{cons,RE}$	Quantité d'énergie consommée par la résistance électrique d'appoint	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv
$COP_{util\_max\_ch}$ $COP_{util\_max\_ecs}$	Valeurs maximales de COP pivot pour les PAC en statut déclaré. Intervient aussi pour la valeur par défaut.	Voir technologie.	selon

Tableau 399 : Nomenclature des différentes variables du modèle d'appoint

16.16.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.16.4.1 Description des performances de la PAC à pleine charge

Pour les différentes technologies concernées, la description des données à pleine charge (COP et P_{abs}) est la même que celle déjà à l'œuvre pour les pompes à chaleur ECS seule ou double service (méthode Th-BCE §8.23). Les formats des données d'entrée (matrices) restent les mêmes.

Ci-dessous figure un rappel des différentes possibilités de saisies prévues dans le chapitre « 8.23 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE.

La ou les puissances absorbées à pleine charge ont toujours le statut de valeur déclarée ; aucune correction liée au statut de données n'est appliquée à ce niveau. A minima, une valeur de puissance absorbée doit être saisie pour chaque valeur de COP saisies.

Pour les coefficients de performances (COP) saisis par l'utilisateur, les différents statuts de données associées sont les suivants :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes de caractérisation.

Aucune correction du ou des COP saisis n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes de caractérisation.

Une réduction de 10% du ou des COP saisis est appliquée.

- **déclarée** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% de la valeur pivot saisi est appliquée. La valeur pivot est de plus plafonnée à une valeur utile maximale, définie selon la technologie.

- **par défaut** : aucune information disponible.

La valeur pivot est imposée. Elle est prise égale à la valeur utile maximale de la technologie réduite de 20%.

Pour résumer, les COP_{util} employés dans le calcul sont les suivants :

StatutCOP	Correction
Certifié(s)	$COP_{util}(i,j) = COP(i,j)$
Justifié(s)	$COP_{util}(i,j) = 0,9 \times COP(i,j)$
Déclaré (pivot seulement)	$COP_{pivot\_util} = \text{MIN} [0,8 \times COP_{pivot}; COP_{utilmax}]$
Par défaut (pivot seulement)	$COP_{pivot\_util} = 0,8 \times COP_{utilmax}$

16.16.4.1.1 PAC air extérieur/eau (Sys_thermo = 1)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnav\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de COP_{util_max_ch} et COP_{util_max_ecs} des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.1 Pac air/eau ».
- **Production ECS :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.1 Pac air extérieur/eau ».
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{util\_max\_ch}} &= 3,5 \\ \text{COP}_{\text{util\_max\_ECS}} &= 2,7 \end{aligned} \quad (3158)$$

16.16.4.1.2 PAC eau de nappe/eau (Sys_thermo = 2)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{\text{aval}}(i)\}$ et $\{\theta_{\text{amont}}(j)\}$, les coefficients $\{C_{\text{nnav\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nnam\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nnav\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{\text{nnam\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $\text{COP}_{\text{util\_max\_ch}}$ et $\text{COP}_{\text{util\_max\_ecs}}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.4 Pac eau de nappe/eau ».
- **Production ECS :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.4 Pac eau de nappe/eau »
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{util\_max\_ch}} &= 4,7 \\ \text{COP}_{\text{util\_max\_ECS}} &= 3,7 \end{aligned} \quad (3159)$$

16.16.4.1.3 PAC eau glycolée/eau (Sys_thermo = 3)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{\text{aval}}(i)\}$ et $\{\theta_{\text{amont}}(j)\}$, les coefficients $\{C_{\text{nnav\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nnam\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nnav\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{\text{nnam\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $\text{COP}_{\text{util\_max\_ch}}$ et $\text{COP}_{\text{util\_max\_ecs}}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.5 PAC eau glycolée/eau ».
- **Production ECS :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.6 Pac eau glycolée/eau »
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{util\_max\_ch}} &= 3,7 \\ \text{COP}_{\text{util\_max\_ECS}} &= 3,7 \end{aligned} \quad (3160)$$

16.16.4.1.4 PAC sol/eau (Sys_thermo = 4)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{\text{aval}}(i)\}$ et $\{\theta_{\text{amont}}(j)\}$, les coefficients $\{C_{\text{nnav\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nnam\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nnav\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{\text{nnam\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $\text{COP}_{\text{util\_max\_ch}}$ et $\text{COP}_{\text{util\_max\_ecs}}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.8 Pac sol/eau en mode chauffage »
- **Production ECS :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.5 Pac sol/eau en mode ECS »

- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{util\_max\_ch}} &= 3,8 \\ \text{COP}_{\text{util\_max\_ECS}} &= 3,0 \end{aligned}$$

(3161)

16.16.4.1.5 PAC air extrait/eau en ECS seule (Sys_thermo = 5)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{\text{aval}}(i)\}$ et $\{\theta_{\text{amont}}(j)\}$, les coefficients $\{C_{\text{nav\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nam\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nav\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{\text{nam\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $\text{COP}_{\text{util\_max\_ch}}$ et $\text{COP}_{\text{util\_max\_ecs}}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Production ECS seulement :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.2 Pac air extrait/eau ».

- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\text{COP}_{\text{util\_max\_ECS}} = 3,2$$

(3162)

16.16.4.1.6 PAC air ambiant/eau en ECS seule (Sys_thermo = 6)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{\text{aval}}(i)\}$ et $\{\theta_{\text{amont}}(j)\}$, les coefficients $\{C_{\text{nav\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nam\_Pabs}}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{\text{nav\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{\text{nam\_COP}}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $\text{COP}_{\text{util\_max\_ch}}$ et $\text{COP}_{\text{util\_max\_ecs}}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Production ECS seulement :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.3 Pac air ambiant/eau ».

- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\text{COP}_{\text{util\_max\_ECS}} = 3,1$$

(3163)

16.16.4.2 Description des performances de la PAC à charge partielle

La description et l'algorithme de prise en compte de la charge sont identiques à ceux proposées dans la méthode Th-BCE « §8.23.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle ».

En ce qui concerne la saisie des paramètres associées, une vue d'ensemble est proposée ci-dessous :

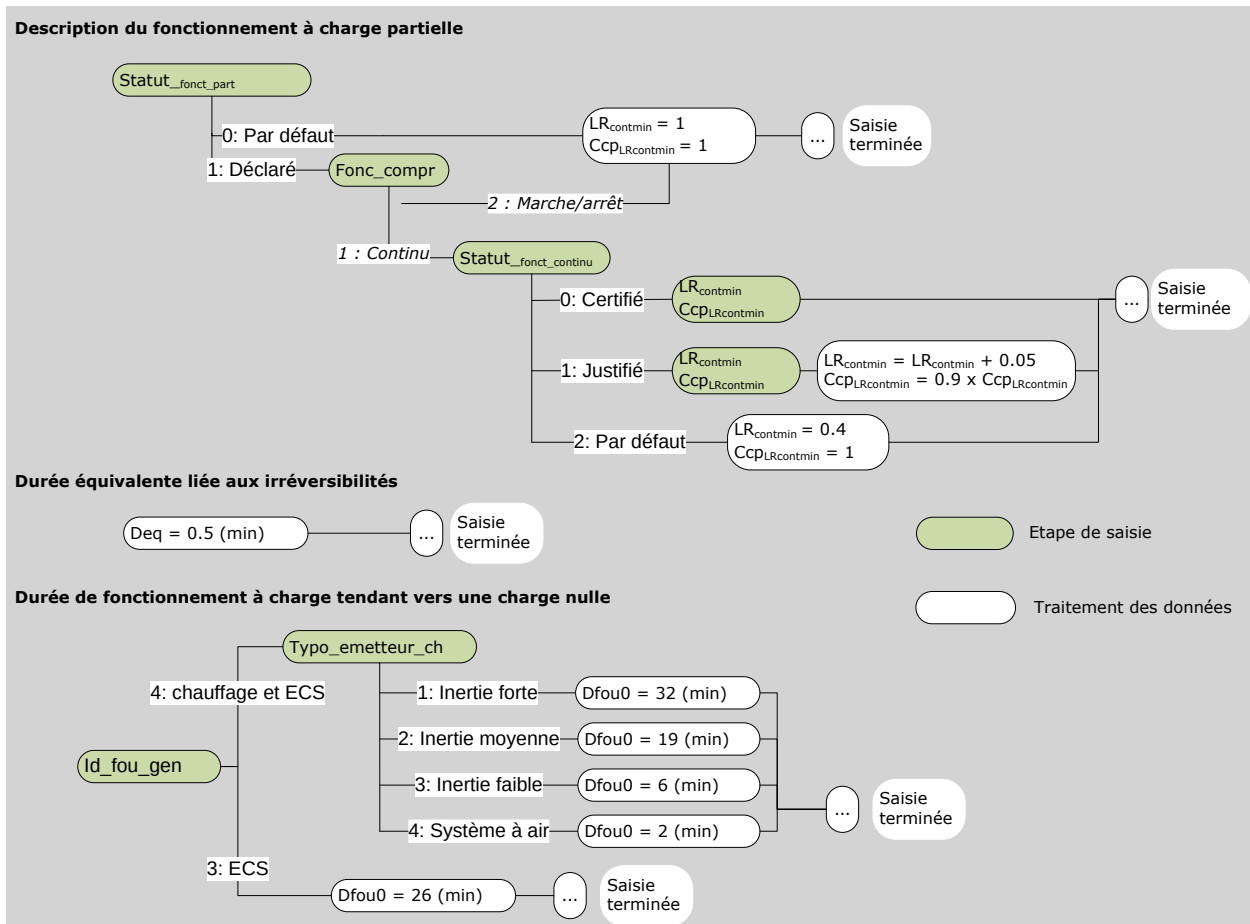


Figure 224: processus de paramétrage du fonctionnement à charge partielle ou nulle

En ce qui concerne la saisie du Taux :

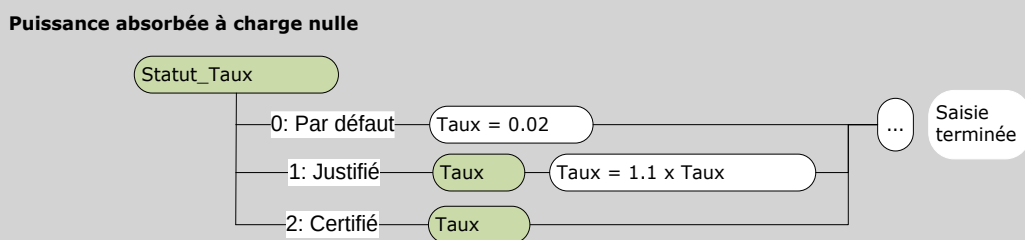


Figure 225: processus de paramétrage de la puissance absorbée à charge nulle (ECS ou chauffage)

Le Taux permet de calculer en début de simulation la puissance absorbée à charge nulle de la PAC à partir de la puissance absorbée à pleine charge. En double service, $P_{abs\_pivot\_ch}$ est utilisée comme référence commune pour les deux services :

$$\text{Cas ECS seule (id}_{fougen} = 3) : W_{aux,0} = Taux * P_{abs\_pivot\_ecs} (W) \quad (3164)$$

$$\text{Cas double service (id}_{fougen} = 4) : W_{aux,0} = Taux * P_{abs\_pivot\_ch} (W) \quad (3165)$$

Pour les paramètres Taux, $LR_{contmin}$ et $CcpLR_{contmin}$:

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation.

- **justifiée** : la valeur est justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation.
- **Par défaut** : la valeur n'est ni justifiée ni certifiée.

16.16.4.3 *Algorithme horaire de prise en compte*

16.16.4.3.1 *Prise en compte de la pompe à chaleur*

La prise en compte est strictement identique à celle décrite dans la méthode Th-BCE, §8.23.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle, pour les pompes à chaleur ECS seule.

Quelques rappels sur les hypothèses retenues :

- Le fonctionnement en mode ECS est prioritaire sur le fonctionnement en mode chauffage. Tant que le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas couvert entièrement, le générateur ne fournit pas d'énergie en chauffage.
- Au pas de temps où le besoin en chauffage est nul, notamment hors saison de chauffage, le basculement en mode chauffage n'a pas lieu. Le comportement de la machine est alors modélisé uniquement par l'algorithme en mode ECS.
- La méthode Th-BCE («8.17 C_Gen_Gestion/régulation de la génération») prévoit un double appel séquentiel des PAC DS : on décrit dans un premier temps complètement le fonctionnement en ECS du générateur, puis son fonctionnement en chauffage lors d'un second appel.
- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est à rapprocher de celui du chapitre « 8.23.3.4 Création des matrices de performance à pleine charge en mode production ECS». Comme la machine fonctionne à pleine charge pour répondre au besoin ECS, la modélisation ne fait pas intervenir le paragraphe sur le fonctionnement à charge partielle ou nulle de la méthode Th-BCE.
- **Sous-algorithme du mode chauffage** : le processus est à rapprocher de celui des chapitres « 8.23.3.3 Création des matrices de performance à pleine charge en mode chauffage» et « 8.23.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle» du chapitre « 8.23 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE. Dans la mesure où le fonctionnement en chauffage peut intervenir après un fonctionnement en production ECS, on introduit à la manière des chaudières double service un coefficient $R_{\text{puis\_dispo}}$. Il permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS.

16.16.4.3.2 *Prise en compte de la résistance électrique d'appoint*

La définition de la présence ou non de cette résistance électrique, ainsi que de son type de gestion, passe par le paramètre Is_RE :

- **Cas $Is\_RE = 0$) Absence de résistance électrique d'appoint** : la résistance électrique d'appoint n'est pas prise en compte.
- **Cas $Is\_RE = 1$) Appoint électrique activé jour et nuit** : la résistance électrique d'appoint peut réchauffer le ballon quelle que soit l'heure légale h_{leg} .
- **Cas $Is\_RE = 2$) Appoint électrique activé de nuit seulement** : la résistance électrique d'appoint ne peut réchauffer le ballon qu'en période nuit au sens de la méthode Th-BCE, soit pour : $h_{leg}(h) > 23h$ et $h_{leg}(h) < 5h$.

Lorsque le critère d'activation ci-dessus est vérifié, on fait l'hypothèse que la résistance électrique intervient pour couvrir le besoin d'énergie restant qui n'a pas pu être assuré par l'appoint thermodynamique (Q_{rest}).

On partira du principe que les deux appoints (thermodynamique et résistance électrique) sont systématiquement pilotés en fonction de la même sonde de température. Néanmoins, dans certaines configurations, il convient d'intégrer une correction liée au fait que la résistance électrique ne réchauffe que la partie haute du ballon (fraction volumique f_{aux_RE}), alors que l'appoint thermodynamique peut potentiellement réchauffer une grande fraction, voire l'intégralité du ballon (fraction volumique f_{aux} définie au niveau du ballon de stockage).

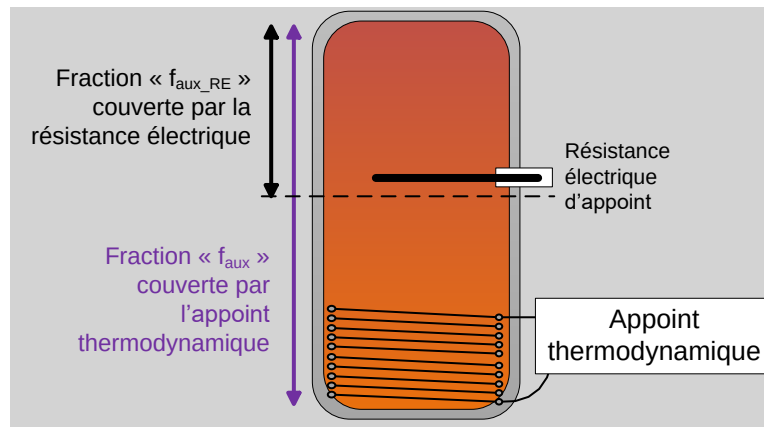


Figure 226: fractions volumiques du ballon couverte par l'appoint thermodynamique et la résistance électrique

On applique une correction consistant à multiplier le besoin d'énergie restant à couvrir par le ratio de f_{aux_RE} sur f_{aux} , noté Rat_f_{aux} .

Ainsi :

$$Q_{req\_RE} = Rat\_f_{aux} \times Q_{rest} \quad (3166)$$

On en déduit la quantité d'énergie fournie et consommée par la résistance électrique d'appoint :

$$Q_{fou\_RE} = MIN(Q_{req\_RE} ; P_{nom\_RE}) \quad (3167)$$

$$Q_{cons\_RE} = Q_{fou\_RE} \quad (3168)$$

Q_{fou_Re} est ajoutée à la quantité d'énergie fournie par l'appoint thermodynamique Q_{fou} . Elle est également déduite de la sortie Q_{rest} du générateur appoint thermodynamique.

Q_{cons_RE} est ajoutée à la quantité d'énergie consommée par l'appoint thermodynamique Q_{cons} , ainsi qu'à la consommation en énergie finale du générateur $Q_{cef}(ECS ; \text{électricité})$.

16.17 C_MTA_AUER_LOGIX

16.17.1 DEFINITION DU SYSTEME

Le système « LOGIX » est un système de production de chauffage et d'ECS destiné aux logements collectifs. Il comporte :

- Une production de chaleur centralisée (chaufferie collective)
- Un réseau de distribution « mixte » distribuant l'eau chaude à des sous-stations
- Des sous-stations (ou modules d'appareillement) comprenant :
 - o Un raccordement au réseau « mixte » (le collecteur de raccordement peut être commun à plusieurs sous-stations)
 - o Un ballon d'ECS individuel de 80 litres ou 120 litres
 - o Un circulateur de chauffage basse consommation
 - o Une régulation dédiée

Le réseau de distribution est dit « mixte » car il distribue la chaleur à différents niveaux de température en fonction du besoin à couvrir : ECS ou chauffage.

- L'ECS est toujours prioritaire sur le chauffage et est réalisée par des « créneaux de charge », gérés par une temporisation. Ainsi on compte au moins un créneau de charge d'une heure chacun par jour afin de recharger les ballons de stockages (le nombre de créneaux est issu d'un calcul de dimensionnement). Les niveaux de température sont compris pour ces trains de chaleur entre 70 et 90°C au départ. Pendant un train de chaleur, et même si les ballons sont rechargés (température de consigne atteinte), il est impossible de passer en mode chauffage et donc de chauffer les logements.
- Le chauffage est ensuite réalisé de manière classique avec une loi d'eau sur le générateur en chaufferie. Comme dit ci-dessus, sur le pas de temps horaire des trains de chaleur, le chauffage ne peut être assuré et la couverture des besoins de chauffage est reportée à l'heure suivante.
- En fonction de la température du réseau de distribution, les sous-stations basculent entre le mode « chauffage » ou le mode « ECS »

16.17.2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente méthode s'applique pour le logement collectif. Le système est obligatoirement composé des éléments suivants :

- Un réseau intergroupe mixte,
- Des collecteurs « MTHL » (qui peuvent être commun à plusieurs appartements),
- 1 module d'appartement pour chaque appareillement intégrant (sous-station « LOGIX ») : un ballon d'ECS de 80L ou 120L situé en volume chauffé avec son module hydraulique branché sur le MTHL situé en gaine palière, son circulateur basse consommation et sa régulation,
- Un générateur collectif double service assurant le chauffage et l'ECS.

La régulation de la distribution de la chaleur est la suivante :

- Le chauffage est fait à débit variable avec une loi d'eau sur la génération collective (température de départ fonction de la température extérieure ou température de départ constante),
- La production d'ECS est faite par trains de chaleur à débit constant et température de départ constante.

16.17.3 METHODE DE PRISE EN COMPTE DU SYSTEME

Un prétraitement de données à saisir dans le moteur de calcul pour le réseau intergroupe et les ballons de stockage est réalisé.

Pour l'application de la présente méthode, les données générales suivantes sont nécessaires :

Donnée physique	Nom variable	Unité	Valeurs possibles
Zone climatique	-	-	H1a à H3
Gestion de la température d'émission	-	-	Température de départ constante Température de départ fonction de la température extérieure
Température de départ nominale du réseau intergroupe mixte en mode chauffage	T_dep_CH_nom	°C	
Chute de température nominale du réseau intergroupe mixte en mode chauffage	Chute_CH_nom	°C	
Nombre de mois de chauffage	-	-	

Pour l'application de la présente méthode, le réseau intergroupe réel avec les sous stations « Logix » doit être caractérisé par les données suivantes :

Donnée physique	Nom variable	Unité
Longueur du réseau collectif en volume chauffé avec LOGIX	L_vc_LOGIX	m
Longueur du réseau collectif hors volume chauffé avec LOGIX	L_hvc_LOGIX	m
Niveau d'isolation du réseau collectif en volume chauffé	U_vc_LOGIX	W/m.K
Niveau d'isolation du réseau collectif hors volume chauffé	U_hvc_LOGIX	W/m.K

Diamètre moyen du réseau de distribution collectif avec LOGIX	Diam_moyen_LOGIX = D	m
Puissance nominale du circulateur en chauffage	Pcirc_LOGIX	W
Puissance nominale du circulateur en charge ECS	Pcirc_ECS_LOGIX	W
Type de gestion du circulateur en mode chauffage	Type_gest_circ_CH_LOGIX	-
Nombre de sous stations LOGIX raccordées	Nb_LOGIX	-
Nombre de créneaux de charge ECS	Nb_charges	-
Température de départ nominale du train de chaleur ECS	T_depLOGIX	°C
Température de retour moyenne du train de chaleur ECS	T_retLOGIX	°C

Remarque : les longueurs L_vc_LOGIX et L_hvc_LOGIX prennent en compte à la fois le réseau de distribution allant de la chaufferie au module MTHL, et le réseau allant du MTHL aux différents « Logix ».

Les ballons des sous stations « Logix » sont des ballons sans appoint définis par les données suivantes :

Donnée physique	Nom variable	Unité
Volume	V_LOGIX	l
Coefficient de pertes UA	UA_LOGIX	W/K
Température maximale du ballon	Theta_max_LOGIX	°C
Hystérésis du thermostat du ballon	Hysteresis_LOGIX	K
Hauteur relative de l'échangeur de base à partir du fond de la cuve	H_ech_LOGIX	-
Numéro de la zone contenant le système de régulation de base	Zone_regul_LOGIX	-

La génération est saisie de la manière suivante :

- une génération chauffage, située hors volume chauffé, avec la description du générateur sans mettre de stockage.
- une génération ECS, située en volume chauffé, avec le ballon équivalent décrit comme ci-dessus, et le générateur saisi comme ne faisant que de l'ECS, avec ses pertes à l'arrêt et la puissance de ses auxiliaires nulles.

Les réseaux intergroupes reliés aux générations auront les caractéristiques suivantes :

- réseau intergroupe de la génération chauffage : un réseau chauffage comme décrit ci-dessous, le réseau ECS est saisi inexistant,
- réseau intergroupe de la génération ECS : un réseau ECS comme décrit ci-dessous, le réseau chauffage est saisi inexistant.

La saisie des groupes est faite conformément à la méthode Th-BCE.

Le circulateur basse consommation des « Logix » est à saisir dans les émissions des groupes.

16.17.3.1 Définition du réseau intergroupe équivalent

Lorsqu'il n'y a ni besoins de chauffage à couvrir, ni créneau de charge ECS, le réseau alimentant les sous stations n'est pas maintenu en température. Le nombre de créneau de charge ECS est fixé par la méthodologie suivante :

$$Nb_{charges} = Nb_{traindechaleur} = Ent\left(\frac{V_{puisé}}{V_{stockage}}\right) + 1 \quad (3169)$$

Avec :

- Volume puisé journalier défini par : $V_{puisé} = \frac{a \times Nu}{7} \times \frac{(40 - \theta_{cw})}{(55 - \theta_{cw})}$

- θ_{cw} : température de l'eau froide (cf. Tableau ci-dessous, suivant méthode Th-BCE 2020)

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
θ_{cw}	12,4	12,0	12,8	13,4	13,3	15,1	15,8	16,8

- a : nombre de litres d'eau hebdomadaires = $a^{gr,em-e}$ (suivant § 9.6.3 de la méthode Th-BCE 2020, en usage logements collectifs)

- Nu : nombre d'unités caractéristiques = $Nu^{gr,em-e}$ (suivant § 9.6.3 de la méthode Th-BCE 2020, en usage logements collectifs)

Le fonctionnement en mode chauffage est modélisé dans l'intergroupe chauffage de la méthode Th-BCE avec les données suivantes :

Paramètre à saisir dans Th-BCE	Valeur prise par le paramètre
L_vc_Prim	L_vc_LOGIX
L_hvc_Prim	L_hvc_LOGIX
U_vc_Prim	U_vc_LOGIX
U_hvc_Prim	U_hvc_LOGIX
Pcirc_Prim_CH	Pcirc_LOGIX
Type_gest_circ	Type_gest_circ_CH_LOGIX

Pour l'intergroupe ECS, les données d'entrée de Th-BCE prennent donc les valeurs suivantes :

Paramètre à saisir dans Th-BCE	Valeur prise par le paramètre
L_vc_Prim_bcl_e	cf. ci-dessous

L_hvc_Prim_bcl_e	cf. ci-dessous
U_vc_Prim_bcl_e	U_vc_LOGIX
U_hvc_Prim_bcl_e	U_hvc_LOGIX
Pcirc_Prim_bcl_e	Pcirc_ECS_LOGIX x Nb_charges/24
Type_gest_circ_bcl_e	Vitesse constante

On détermine L_vc_Prim_bcl_e et L_hvc_Prim_bcl_e à partir des formules ci-dessous :

$$L_{vc\_Prim\_bcl\_e} = \frac{(Phi_{ligne\_VC\_CH} + Phi_{ligne\_VC\_HCH} + Phi_{montée\_temp\_VC\_CH} + Phi_{montée\_temp\_VC\_HCH})}{U_{vc\_LOGIX} \times (55 - 20) \times 8760} \quad (3170)$$

$$L_{hvc\_Prim\_bcl\_e} = \frac{(Phi_{ligne\_HVC\_CH} + Phi_{ligne\_HVC\_HCH} + Phi_{montée\_temp\_HVC\_CH} + Phi_{montée\_temp\_HVC\_HCH})}{U_{hvc\_LOGIX} \times (55 - 10) \times 8760} \quad (3171)$$

Avec :

- $Phi_{ligne\_VC\_CH}$: pertes en ligne en volume chauffé sur la période de chauffage

$$Phi_{ligne\_VC\_CH} = \left(L_{vc\_LOGIX} \times U_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{vc\_LOGIX} \times U_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times Nb_{charges} \quad (3172)$$

- $Phi_{ligne\_VC\_HCH}$: pertes en ligne en volume chauffé hors période de chauffage

$$Phi_{ligne\_VC\_HCH} = Phi_{ligne\_VC\_CH} \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \quad (3173)$$

- $Phi_{ligne\_HVC\_CH}$: pertes en ligne hors volume chauffé sur la période de chauffage

$$Phi_{ligne\_HVC\_CH} = \left(L_{hvc\_LOGIX} \times U_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{depLOGIX} - 10) + L_{vc\_LOGIX} \times U_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{retLOGIX} - 10) \right) \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times Nb_{charges} \quad (3174)$$

- $Phi_{ligne\_HVC\_HCH}$: pertes en ligne en volume chauffé hors période de chauffage

$$Phi_{ligne\_HVC\_HCH} = Phi_{ligne\_VC\_CH} \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \quad (3175)$$

- $Phi_{montée\_temp\_VC\_CH}$: pertes de montée en température en volume chauffé en période de chauffage

$\Phi_{montée\_temp\_VC\_CH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \right. \\
 &\quad \left. \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times 0,5 \\
 &\quad + \left(L_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - T_{depCHmoy}) + L_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \right. \\
 &\quad \left. \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - T_{retCHmoy}) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \\
 &\quad \times 0,5
 \end{aligned} \tag{3176}$$

- $\Phi_{montée\_temp\_VC\_HCH}$: pertes de montée en température en volume chauffé et hors période de chauffage

$\Phi_{montée\_temp\_VC\_HCH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{vc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{vc\_LOGIX} \right. \\
 &\quad \left. \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \\
 &\quad \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000}
 \end{aligned} \tag{3177}$$

- $\Phi_{montée\_temp\_HVC\_CH}$: pertes de montée en température hors volume chauffé en période de chauffage

$\Phi_{montée\_temp\_HVC\_CH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{hvc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{hvc\_LOGIX} \times 0,5 \right. \\
 &\quad \left. \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times 0,5 \\
 &\quad + \left(L_{hvc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - T_{depCHmoy}) + L_{hvc\_LOGIX} \right. \\
 &\quad \left. \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - T_{retCHmoy}) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \\
 &\quad \times \frac{365}{1000} \times 0,5
 \end{aligned} \tag{3178}$$

- $\Phi_{montée\_temp\_HVC\_HCH}$: pertes de montée en température hors volume chauffé et hors période de chauffage

$\Phi_{montée\_temp\_HVC\_HCH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{hvc\_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{hvc\_LOGIX} \right. \\
 &\quad \left. \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \\
 &\quad \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000}
 \end{aligned} \tag{3179}$$

Les paramètres $T_{depCHmoy}$ et $T_{retCHmoy}$ et sont calculés par les formules suivantes au pas de temps horaire en fonction de la température extérieure :

$$T_{\text{depCHmoy}} = \frac{\sum_{h=1}^{8760} T_{\text{depCH}}(h)}{\sum_{h=1}^{8760} Id_{\text{CH}}(h)} \quad (3180)$$

$$T_{\text{retCHmoy}} = \frac{\sum_{h=1}^{8760} T_{\text{retCH}}(h)}{\sum_{h=1}^{8760} Id_{\text{CH}}(h)} \quad (3181)$$

Avec :

- Si $T_{\text{ext}} \leq 14^{\circ}\text{C}$

○ $Id_{\text{CH}}(h) = 1$

○ Si la température de départ est constante :

▪ $T_{\text{depCH}}(h) = T_{\text{dep\_CH\_nom}}$

▪ $T_{\text{retCH}}(h) = T_{\text{dep\_CH\_nom}} - Chute_{\text{CH\_nom}}$

○ Si la température de départ est fonction de la température extérieure :

▪ Si $T_{\text{ext}} < T_{\text{ext\_base}} : T_{\text{depCH}}(h) = T_{\text{dep\_CH\_nom}}$

▪ Si $T_{\text{ext}} > 15^{\circ}\text{C} : T_{\text{depCH}}(h) = 20^{\circ}\text{C}$

▪ Si $T_{\text{ext\_base}} \leq T_{\text{ext}} \leq 15^{\circ}\text{C} :$
 $T_{\text{depCH}}(h) = (T_{\text{dep\_CH\_nom}} - 20) / (T_{\text{ext\_base}} - 15) \times (T_{\text{ext}} - 15) + 20$

▪ $T_{\text{retCH}}(h) = T_{\text{dep\_CH\_nom}} - Chute_{\text{CH\_nom}}$
 Si $T_{\text{retCH}}(h) < 20^{\circ}\text{C}$ alors $T_{\text{retCH}}(h) = 20^{\circ}\text{C}$

- Si $T_{\text{ext}} > 14^{\circ}\text{C}$

○ $Id_{\text{CH}}(h) = 0$

○ $T_{\text{depCH}}(h) = 0$

○ $T_{\text{retCH}}(h) = 0$

La température de retour moyenne lors d'un train de chaleur ECS est de :

$$T_{\text{retLOGIX}} = \frac{20 \times (T_{\text{depLOGIX}} - 20) + 40 \times (T_{\text{depLOGIX}} - 5)}{60} \quad (3182)$$

16.17.3.2 Définition du ballon ECS équivalent

Le ballon ECS équivalent rend compte des fonctionnements individuels des ballons des sous stations, ainsi que de leurs pertes thermiques.

Ainsi :

Paramètre à saisir dans Th-BCE	Valeur prise par le paramètre
V_ballon	Nb_LOGIX x V_LOGIX
UA_ballon	Nb_LOGIX x UA_LOGIX
Theta_max_ballon	Theta_max_LOGIX
Hysteresis_ballon	Hysteresis_LOGIX
H_ech_ballon	H_ech_LOGIX
Zone_regul_ballon	Zone_regul_LOGIX

16.18 C_VEN_VMC_Thermodynamique_double_flux

16.18.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre propose une prise en compte directe dans le moteur de calcul RE2020 de certains des systèmes assurant à la fois la ventilation, le chauffage et éventuellement le refroidissement via un récupérateur actif de type pompe à chaleur air extrait/air neuf. Ces systèmes sont couramment appelés double-flux thermodynamiques.

La méthode s'applique aux bâtiments neufs à usage d'habitation maison individuelle ou accolée et logement collectif soumis à la RE2020.

Dans la suite du document, les systèmes double-flux thermodynamiques sont désignés par l'abréviation DFTh.

16.18.1.1 Principe général

Les systèmes DFTh sont constitués des éléments suivants :

- Des ventilateurs de soufflage et de reprise,
- Des gaines aérauliques, bouches de soufflage et reprise associées,
- Un récupérateur actif de type générateur thermodynamique à compression électrique air extrait/air neuf pour le chauffage des locaux, réversible ou non,
- Eventuellement un récupérateur passif (échangeur statique), muni ou non d'une fonction de by-pass,
- Eventuellement d'organes permettant le recyclage et/ou la variation de débits afin d'augmenter la puissance de chauffage par le vecteur air, Notre demande consiste à pouvoir cumuler les deux.
- Eventuellement une fonction de rafraichissement nocturne par surventilation d'air frais extérieur.

Le présent chapitre vise la modélisation des configurations de DFTh alternant entre un mode ventilation seule, un mode chauffage, et éventuellement un mode refroidissement. Le basculement entre ces deux modes est basé à minima sur la température d'une pièce de vie du logement, dans le respect de l'exigence de ne pas couvrir plus de 100 m² de surface habitable (Art.29 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments).

Le présent chapitre traite à la fois des dispositifs dont la vitesse de ventilateurs en mode chauffage ou refroidissement est fixée à une valeur unique de consigne et les dispositifs dont la vitesse de ventilateurs en mode chauffage ou en mode refroidissement est variable ou à plusieurs niveaux. Cette vitesse doit être supérieure ou égale à celle du mode ventilation seule.

Dans ce cadre, on distingue quatre configurations A à D suivantes :

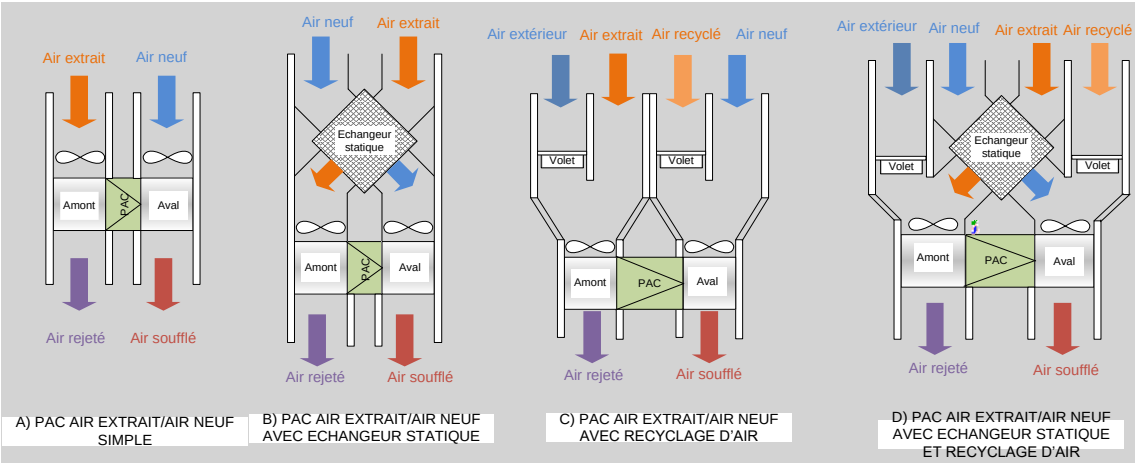


Figure 227: configurations de DFTh prises en compte

16.18.1.2 Normes et référentiels

La norme de référence pour la caractérisation des DFTh sont les suivantes :

Paramètre	Norme de référence
Puissances des ventilateurs	NF EN 13141-7 : Ventilation des bâtiments - Essais de performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 7 : essais de performance des centrales doubles flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécaniques prévus pour des logements individuels.
Efficacité de l'échangeur statique	
Performances de la pompe à chaleur air extrait/air neuf (« double-flux thermodynamique »)	

Tableau 400: normes de référence pour la prise en compte des DFTh

La norme **NF EN 13141-7** permet la caractérisation des performances de l'ensemble ventilateurs - récupérateur passif (échangeur statique, si présent) – récupérateur actif de type pompe à chaleur air extrait/air neuf (COP, puissances absorbées). Cette norme précise que les performances thermiques en présence d'une pompe à chaleur doivent être consignées conformément à la norme

« EN 14511-4 - Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération des locaux – Partie 4 : exigences ».

16.18.2 CHAMP D'APPLICATION

L'application de la méthode est restreinte aux bâtiments ou parties de bâtiments à usages d'habitation maison individuelle ou accolée et logements collectifs, quel que soit leur zone climatique ou altitude.

Il ne concerne que les systèmes répondant à la description du chapitre précédent. A ce titre, il ne concerne que les DFTh employés en système de base de chauffage et éventuellement en système de base de refroidissement.

16.18.3 PROCEDURE D'APPLICATION DE LA METHODE

Le présent paragraphe a pour objectif d'expliquer la procédure à suivre pour saisir le système dans le calcul réglementaire. Pour décrire complètement le système DF Th, il est nécessaire de renseigner les composants suivants :

Bouches-conduits de ventilation

Le système DFTh inclut par définition au moins un composant bouches-conduits de soufflage et un composant bouches-conduits de reprise. Dans ces composants, on définit les débits volumiques de ventilation seule base et pointe, ainsi que les propriétés des conduits aérauliques (coefficients de fuites, part en volume chauffé/refroidi et surface de réseau).

Emetteur(s) de chauffage et de refroidissement/distribution

Dans chaque composant bouches-conduits de soufflage, il est nécessaire de créer un émetteur équivalent de chauffage et de refroidissement (le cas échéant), permettant la modélisation du condenseur (évaporateur en refroidissement) de la pompe à chaleur du systèmes DF Th. Cet émetteur est paramétré de la manière suivante :

Typologie de l'émetteur : 1) Soufflage d'air chaud, d'air froid,

Variation temporelle : dans le cas d'une variation temporelle justifiée du couple thermostat/émission, il convient d'augmenter la valeur utilisée dans le calcul règlementaire de 0,5 °C en mode chauffage et de la réduire de 0,5°C en mode refroidissement. Dans le cas d'une variation temporelle certifiée, il n'y a pas de correction.

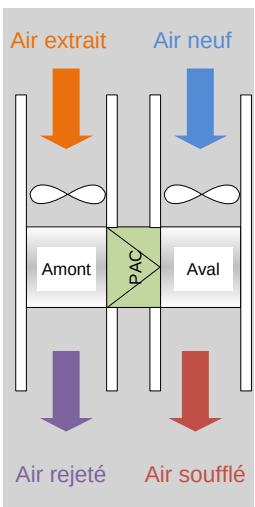
En l'absence de valeurs certifiée ou justifiée, on retiendra la valeur par défaut d'un couple émetteur/régulateur « permettant l'arrêt total de l'émission » de la méthode Th-BCE.

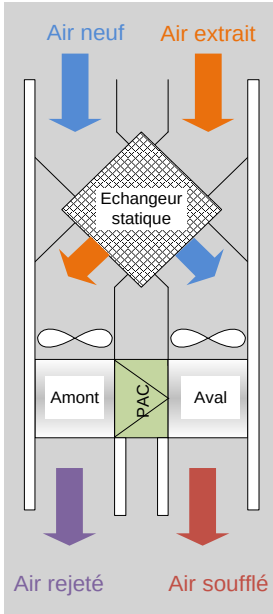
Variation spatiale : classe B2 en chauffage, classe B en refroidissement

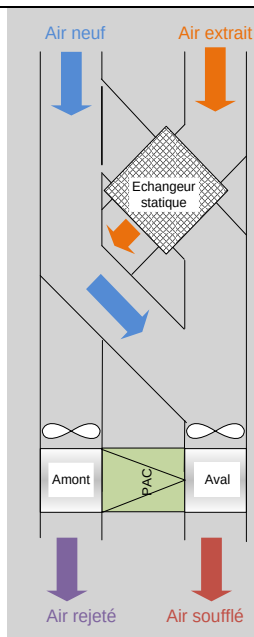
On ne définit pas de ventilateurs locaux.

Les distributions du groupe et intergroupes utilisées sont à définir comme réseau de distribution fictif sans pertes. Elles doivent être reliées à la génération contenant le(s) générateur(s) thermodynamique(s) de chauffage et de refroidissement du système DF Th.

Paramétrages du système et des générateurs thermodynamiques :

	Configuration A : Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il n'y a pas de récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf T5_CSTB_VMCDf_2Fonctions : - $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 1)$ Pas de recyclage d'air intérieure$\epsilon_{CH_saïsi} (\epsilon_{FR_saïsi}) = 0$$Q_{rep_modeCH_saïsi}$ et $Q_{sou\_modeCH\_saïsi}$ ($Q_{rep\_modeFR\_saïsi}$ et $Q_{sou\_modeFR\_saïsi}$) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement). $P_{vent\_rep\_CH}$ et $P_{vent\_sou\_CH}$ ($P_{vent\_rep\_FR}$ et $P_{vent\_sou\_FR}$) sont les puissances de ventilateurs en mode chauffage (en mode refroidissement), hors puissances ayant servi à vaincre les pertes de charge au condenseur et à l'évaporateur. Ces dernières sont en effet déjà incluses dans les résultats d'essai de puissance absorbée et de COP (d'EER) issus de la norme NF EN 13141-7. $P_{vent\_rep\_CH}$ et $P_{vent\_sou\_CH}$ ($P_{vent\_rep\_CH}$ et $P_{vent\_sou\_CH}$) doivent être calculées forfaitairement par la même relation qui a permis de les exclure des résultats d'essais de performance. Pour un ventilateur (repris ou soufflé) : $P_{vent_{ch}} = \frac{q \times \Delta P_e}{\eta}$

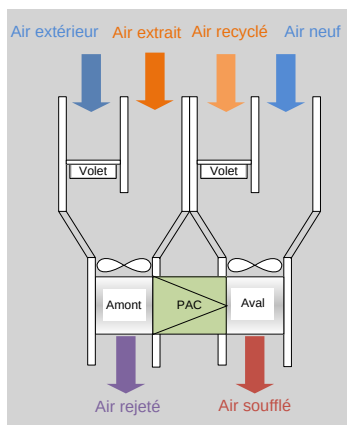
	Où : q est le débit volumique nominal du mode chauffage ou refroidissement (repris ou soufflé) en m^3/s, ΔP_e est la différence de pression statique externe disponible mesurée, exprimée en pascal Ces deux grandeurs sont fournies dans les résultats d'essais. η est le rendement de ventilateur fixé à 0,3 par convention dans la norme EN 14511-3. Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul) : $Sys\_Thermo\_Ch = 3$) PAC air extrait/air neuf Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un générateur thermodynamique réversible : Generateur_Thermodynamique_Elec_Autre (cas chauffage et refroidissement) : $Sys\_Thermo = 3$) Machine réversible air extrait/air neuf Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issus d'essais la norme NF EN 13141-7 peuvent être utilisées en l'état.
	Configuration B : Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il y a un récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf. T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions : - $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 1$) Pas de recyclage d'air intérieur - $\epsilon_{CH\_saisi} (\epsilon_{FR\_saisi})$ est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumique de chauffage (de refroidissement) - Q_{rep_mode,CH_saisi} et Q_{sou_mode,CH_saisi} ($Q_{rep\_modeFR\_saisi}$ et $Q_{sou\_modeFR\_saisi}$) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement) - $P_{vent\_rep\_CH}$ et $P_{vent\_sou\_CH}$ ($P_{vent\_rep\_FR}$ et $P_{vent\_sou\_FR}$) : voir configuration A Chauffage : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : $Sys\_Thermo\_Ch = 2$) PAC air extérieur/air recyclé Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : $Sys\_Thermo\_FR = 3$) Refroidisseur air extrait/air recyclé Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme NF EN 13141-7, incluant l'impact de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil mis à disposition avec la présente méthode. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.



Configuration C :

Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il y a un récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf, mais celui-ci est bypassé en mode chauffage/ mode refroidissement.

Le mode chauffage/refroidissement est traité comme la configuration A ci-dessus.



Configuration D :

Le débit en mode chauffage est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule et inclus une part de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont. Il n'y a pas de récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf.

T5_CSTB_VMCD_2Fonctions :

- $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2$ Avec recyclage d'air intérieur
- $\varepsilon_{CH\_saisi} (\varepsilon_{FR\_saisi}) = 0$
- $Q_{recycle\_CH} (Q_{recycle\_FR})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté aval.
- $Q_{recycle\_CH,ext} (Q_{recycle\_FR,ext})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté amont.
- $P_{vent\_rep\_CH}$ et $P_{vent\_sou\_CH}$ ($P_{vent\_rep\_FR}$ et $P_{vent\_sou\_FR}$) : voir configuration A

Chauffage : Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible

$Sys\_Thermo\_Ch = 2$) PAC air extérieur/air recyclé

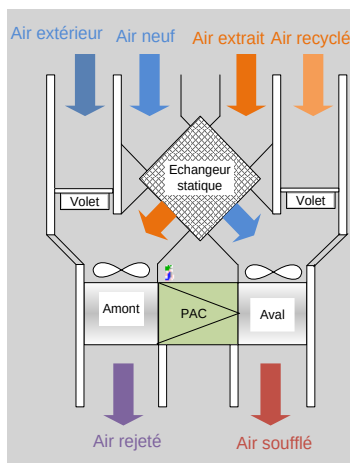
Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le **mode refroidissement** :

Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible :

$Sys\_Thermo\_FR = 3$) Refroidisseur air extrait/air recyclé

Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme **NF EN 13141-7**, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval et amont, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec la présente méthode.

Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.



Configuration E :

Le débit en mode chauffage (en mode refroidissement) est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule et inclus une part de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont. Un récupérateur statique est présent avant qu'aient lieu les mélanges avec l'air recyclé de part et d'autre.

T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions :

- $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2$ Avec recyclage d'air intérieur,
- $\epsilon_{CH\_saisi} (\epsilon_{FR\_saisi})$ est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumique de chauffage (de refroidissement)
- $Q_{recycle\_CH} (Q_{recycle\_FR})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté aval,
- $Q_{recycle\_CH,ext} (Q_{recycle\_FR,ext})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté amont,
- $P_{vent\_rep\_CH}$ et $P_{vent\_sou\_CH}$ ($P_{vent\_rep\_FR}$ et $P_{vent\_sou\_FR}$) : voir configuration A

Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul) :

$Sys\_Thermo\_Ch = 2$) PAC air extérieur/air recyclé

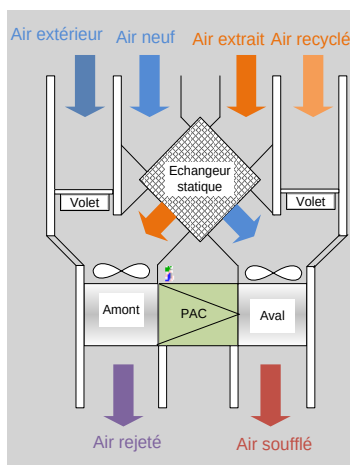
Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le **mode refroidissement** :

Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible :

$Sys\_Thermo\_FR = 3$) Refroidisseur air extrait/air recyclé

Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme **NF EN 13141-7**, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval/amont et de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec la présente méthode.

Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.



Configuration F :

Le débit en mode chauffage (en mode refroidissement) est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule. Il inclut d'une part un débit de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont, et d'autre part un débit d'air neuf supérieur à celui du mode ventilation. Un récupérateur statique est présent avant qu'aient lieu les mélanges avec l'air recyclé de part et d'autre. Cet échangeur peut être bypassé en mode chauffage.

T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions :

- $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2$ Avec recyclage d'air intérieur,
- $\epsilon_{CH\_saisi} (\epsilon_{FR\_saisi})$ est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumique de chauffage (de refroidissement)
- Q_{rep_mode,CH_saisi} et Q_{sou_mode,CH_saisi} ($Q_{rep\_modeFR\_saisi}$ et $Q_{sou\_modeFR\_saisi}$) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement)
- $Q_{recycle\_CH} (Q_{recycle\_FR})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté aval,
- $Q_{recycle\_CH,ext} (Q_{recycle\_FR,ext})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté amont,

	- Pvent_rep_CH et Pvent_sou_CH (Pvent_rep_FR et Pvent_sou_FR) : voir configuration A Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul): Sys_Thermo_Ch = 2) PAC air extérieur/air recyclé Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : Sys_Thermo_FR = 3) Refroidisseur air extrait/air recyclé Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme NF EN 13141-7, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval/amont et de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec la présente méthode. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.

Source amont :

Dans le cas d'un système DF Th réversible, il convient de créer deux sources amonts différentes : une pour le chauffage et une pour le refroidissement.

Les composants source amont utilisés en association avec les générateurs thermodynamiques de chauffage et/ou de refroidissement sont de type « 3 : air extrait ». Ils doivent pointer vers le composant dédié à la ventilation double flux thermodynamique ([T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions](#)).

La puissance de ventilateur Pvent_Gaine est définie nulle.

Pour le mode chauffage, la température limite d'air rejeté θ_{air_lim} intervient si la régulation du système DFTh prévoit une limitation de la température d'air rejeté pour éviter l'apparition du gel. Si tel est le cas, la valeur annoncée par le fabricant est utilisée. Dans le reste des cas, une valeur de -99°C sera adoptée, ce paramètre n'étant pas pertinent.

Pour la source amont correspondant au mode refroidissement, une valeur θ_{air_lim} de 99°C sera adoptée, ce paramètre n'étant pas pertinent.

16.18.4 METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE : FICHE ALGORITHME POUR LA PARTIE VENTILATION

16.18.4.1 Introduction

La présente fiche algorithme décrit le processus de modélisation de la partie ventilation des systèmes double-flux thermodynamique réversibles ou non. Il s'agit de prendre en compte l'impact de l'activation du chauffage/du refroidissement sur les débits, températures, efficacité de récupérateur statique et puissances de ventilateurs.

16.18.4.2 Nomenclature

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation, et j le jour de simulation correspondant.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Météo	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique extérieure au pas de temps h	kg/kg s
Scénarios et environnement intérieur	$i_{vent}(h)$	Indicateurs d'occupation au sens de la ventilation (scénarios) : <i>1 : locaux occupés au sens de la ventilation</i>	Bool
	$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison de chauffage effective de la CTA. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Bool
	$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement effective de la CTA. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	Bool
	$\theta_{i,fin}^g(h-1)$	Température de l'air intérieur du groupe gr à la fin du pas de temps précédent	°C
Groupe	$\rho_{i,fin}^g(h-1)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr à la fin du pas de temps précédent	kg/m ³
	$\theta_{i,moy}^g(h)$	Température de l'air intérieur du groupe gr en moyenne sur le pas de temps h	°C
	$\rho_{i,moy}^g(h)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr en moyenne sur le pas de temps h	kg/m ³
	$is_{report\_ch}^g(h-1)$	Indicateur spécifiant si une génération de chauffage reliée au groupe était en situation de report d'énergie au pas de temps $h-1$	-

Bouches-conduits	$q_{rep,dep,occ}^{g,s}$ $q_{sou,dep,occ}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris et soufflé au niveau des bouches g,s en occupation (en mode ventilation seule).	m^3/h			
	$q_{rep,fuites}^{g,s}$ $q_{sou,fuites}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé totaux pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h			
	$q_{rep,spec}^{g,s}(h)$ $q_{sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris et soufflé au niveau du composant bouches-conduits g,s . (en mode ventilation seule).	m^3/h			
	$q_{rep,cond}^{g,s}(h)$ $q_{sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit volumique repris et soufflé en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques au niveau du composant bouches-conduits g,s (en mode ventilation seule).	m^3/h			
	$T_{inc}^{g,s}(h)$	Température du local non-chauffé pour le calcul des pertes thermiques du composant du composant bouches-conduits g,s	$^{\circ}C$			
	$Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de chauffage transmise par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits g,s à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h .	Wh			
	$Q_{sys\_frg,s}(h)$	<i>Demande en énergie de refroidissement transmise par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits g,s à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.</i>	Wh			
	$b_{thermet}(h)$	Coefficient b thermique de l'espace tampon pour la prise en compte des déperditions par les conduits aérauliques hors volume chauffé.	Réel			

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Bouches-conduits	$A_{cond,rep}^{g,s}$ $A_{cond,souf}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage du composant bouches-conduits g,s	m^2			
	$R_{rep}^{g,s}$ $R_{soufflé}^{g,s}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de reprise et de soufflage située hors volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	m^2K/W			
	$Rat_{fuites,vc}^{g,s}$	Ratio des fuites en volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	-	0	1	
	$Dugd^{g,s}$	Durée d'utilisation du grand débit au niveau de la bouche/conduit g,s par semaine type.	h/sem			
Ventilateurs	$P_{vent\_rep\_base}$ $P_{vent\_sou\_base}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise et de soufflage en résidentiel de base (en ventilation seule)	W	0	$+\infty$	
	$P_{vent\_rep\_pointe}$ $P_{vent\_sou\_pointe}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise et de soufflage en résidentiel de pointe (en ventilation seule)	W	0	$+\infty$	

Bypass de l'échangeur	$T_{ext,bypass,hiver}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	-∞	+∞
	$T_{ext,bypass,été}$				
	$T_{int,bypass,hiver}$	Température intérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	-∞	+∞
	$T_{int,bypass,été}$				
	$P_{vent,rep,modeCH}$				
	$P_{vent,sou,modeCH}$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage en mode chauffage / en mode refroidissement	W	0	+∞
	$P_{vent,rep,modeFR}$				
	$P_{vent,sou,modeFR}$				
	$Q_{rep\_modeCHmax,dep(saisi)}$				
	$Q_{sou\_modeCHmax,dep(saisi)}$	Débits volumiques repris et soufflés en mode chauffage sans recyclage / mode refroidissement sans recyclage (au niveau des bouches de soufflage) définis par l'utilisateur.	m³/h		
Mode chauffage et mode refroidissement	$Q_{rep\_modeFRmax,dep(saisi)}$				
	$Q_{sou\_modeFRmax,dep(saisi)}$				
	$q_{recyclé\_CH,int}$	Débits volumiques recyclés pour le chauffage / mode refroidissement par recyclage d'air intérieur (au niveau de la centrale)	m³/h	0	+∞
	$q_{recyclé\_FR,int}$				
	$q_{recyclé\_CH,extr}$	Débit volumique recyclé pour le chauffage / le refroidissement côté extraction de la centrale (pour les générateurs sur air extrait).	m³/h	0	+∞
	$q_{recyclé\_FR,extr}$				
	$A_{cond,recyclage}$	Surface d'enveloppe des conduits de recyclage d'air intérieur	m²	0	+∞
	$K_{res,recyclage}$	Coefficients de fuites des réseaux aérauliques de recyclage d'air intérieur.	m³/(s.m²) sous 1 Pa		
	$R_{recyclage}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de recyclage d'air intérieur située hors volume chauffé	m²K/W	0	+∞
	$R_{atvc,recyclage}$	Ratio de surface des conduits de recyclage en volume chauffé	-	0	1
	Id_et	Indice de l'espace tampon non-solarisé dans lequel se situe les conduits de ventilation hors volume chauffé (pour la prise en compte des fuites et déperditions de ceux-ci).	Ent	0	+∞

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Description de l'échangeur statique	Nature de la représentation de l'échangeur : $id_{niveau\_detail\_echangeur}$ 0 : représentation simplifiée 1 : représentation détaillée	Bool	-	-	0
	Statut de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode ventilation seule. $id_{statut\_echangeur}$ 0 : Valeur déclarée par le fabricant, 1 : Valeur justifiée, 2 : Valeur certifiée	Ent	0	2	-

$\varepsilon_{t\_saïsi}$	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode ventilation seule	-	0	1	-
$Id_{fonction}$	Indicateur de fonctions du système : 1 : Chauffage seul 2 : Chauffage et refroidissement	-	1	2	-
$id_{statut\_echangeur\_CH}$	Statuts de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode chauffage / en mode refroidissement :	Ent	0	2	-
$id_{statut\_echangeur\_FR}$	0 : Valeur déclarée par le fabricant, 1 : Valeur justifiée, 2 : Valeur certifiée.				
$\varepsilon_{modeCH\_saïsi}$	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode chauffage/ en mode refroidissement (cas sans recyclage d'air intérieur/extérieur)	-	0	1	-
$\varepsilon_{modeFR\_saïsi}$					
is_{bypass}	Bypass de l'échangeur : 0 : absence, 1 : présence.	-	-	-	-
Id_{ModeCH} Id_{ModeFR}	Type de mode chauffage/ en mode refroidissement : 1) Pas de recyclage d'air, 2) Avec recyclage d'air int./ext.	Ent	1	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Avant calcul des besoins (bilan énergétique)	$\theta_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	°C
	$\omega_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	kg/kg s
	$\rho_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	kg/m ³
	$W_{vent}(h)$	Wh
	$W_{aux\_v}^{g,s}(h)$	W
Après calcul des besoins (modélisation des systèmes)	$Q_{sys\_ch(recalculé)}^{g,s}(h)$ $Q_{sys\_fr(recalculé)}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de chauffage / de refroidissement transmise par l'émission à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h. Wh
	$\theta_{air\_souffle(recalculé)}^{g,s}(h)$	Température d'air soufflé en amont de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr. °C
	$q_{m,sou\_spec(recalculé)}^{g,s}(h)$	Débit massique d'air soufflé de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr. kg/s
	$\theta_{air\_extrait(recalculé)}(h)$	Température de l'air rejeté par la centrale, température utilisée pour les machines thermodynamiques sur air extrait. °C
	$q_{m\_air\_extrait(recalculé)}(h)$	Débit d'air massique rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait. kg/s
	$W_{vent(recalculé)}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système Wh

$W_{aux\_v(recalcule)}^{g,s}(h)$

Consommation électrique des auxiliaires de ventilation recalculée pour le composant bouches-conduits

W

Variables internes

	Nom	Description	Unité
Centrale	$A_{cond,rep,ext}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage hors volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	m^2
	$A_{cond,souf,ext}^{g,s}$		
	$H_{cond,rep,ext}^{g,s}$	Conductivité thermique du conduit de reprise et de soufflage sur leur partie hors volume chauffé	W/K
	$H_{cond,souf,ext}^{g,s}$		
	$Q_{rep\_modeCH,dep}$	Débits volumiques repris et soufflés en mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur	m^3/h
	$Q_{sou\_modeCH,dep}$		
	$Q_{rep\_modeFR,dep}$		
	$Q_{sou\_modeFR,dep}$		
	$Q_{rep\_modeCH,spec}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur	m^3/h
	$Q_{sou\_modeCH,spec}$		
	$Q_{rep\_modeFR,spec}$		
	$Q_{sou\_modeFR,spec}$		
	$Q_{rep\_modeCH,cond}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques	m^3/h
	$Q_{sou\_modeCH,cond}$		
	$Q_{rep\_modeFR,cond}$		
	$Q_{sou\_modeFR,cond}$		
Bouches-conduits	$P_{vent\_rep\_occ}$	Puissances électriques des ventilateurs de reprise et de soufflage calculées à partir des puissances base et pointe.	W
	$P_{vent\_sou\_occ}$		
	$Q_{rep\_modeCH,dep}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur pour le composant bouches-conduits g,s	
	$Q_{sou\_modeCH,dep}^{g,s}$		
	$Q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s}$		
	$Q_{sou\_modeFR,dep}^{g,s}$		
	$Q_{rep\_modeCH,spec}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h
	$Q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s}$		
	$Q_{rep\_modeFR,spec}^{g,s}$		
	$Q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s}$		
	$Q_{rep\_modeCH,cond}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant toutes les infiltrations/fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h
	$Q_{sou\_modeCH,cond}^{g,s}$		
	$Q_{rep\_modeFR,cond}^{g,s}$		
	$Q_{sou\_modeFR,cond}^{g,s}$		
	$Q_{rep,fuites,vc}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h
	$Q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$		
	$Q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé hors volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h
	$Q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$		

Variables internes de débits	$q_{recycleCH,fuites}$	Infiltrations aérauliques dans les conduits de recyclage d'air intérieur.	m ³ /h
	$q_{recycleFR,fuites}$		
	$q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)$	Débit massique repris et soufflé en intégrant les fuites aérauliques, recalculés au pas de temps h.	kg/s
	$q_{m,sou,cond(recalcule)}(h)$		
	$q_{m,sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	kg/s
Température aux différents points du système de ventilation	$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s.	kg/s
	$q_{m,sou,cond(recalcule)}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s, recalculé au pas de temps h	kg/s
	$\theta_{extr1}^{g,s}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit pour le composant bouches-conduits g,s	°C
	$\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h)$		
	$\theta_{extr1}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes des conduits au niveau de la centrale	°C
	$\theta_{extr1(recalcule)}(h)$		
	$\theta_{extr2}(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction de la centrale	°C
	$\theta_{extr2(recalcule)}(h)$		
	$\theta_{extr3(recalcule)}(h)$	Température de l'air repris après impact de l'échangeur statique de la centrale	
	$\theta_{souf1}(h)$	Température de l'air soufflé après impact l'échangeur statique de la centrale de la centrale	°C
	$\theta_{souf1(recalcule)}(h)$		
	$\theta_{souf2}(h)$	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur de soufflage de la centrale	°C
	$\theta_{souf2(recalcule)}(h)$		
	$\theta_{an}(h)$	Température de l'air neuf vu par la centrale	°C
	$\theta_{air,souffle}(h)$	Température de l'air à la sortie de la centrale	°C
Mode chauffage avec recyclage	$T_{inc}^{g,s}(h)$	Température de local non-chauffé pour le calcul des fuites et pertes des conduits aérauliques.	°C
	$H_{cond,recycle,ext}$	Conductivité thermique du conduit de recyclage hors volume chauffé	W/K
	$T_{lnc,recyclage}(h)$	Température de local non-chauffé traversé par le conduit de recyclage	°C
	$\theta_{i,moy\_recyclage}(h)$	Température d'air intérieur vu par le par le recyclage	°C
	$\theta_{air,recycle,cond}(h)$	Température d'air recyclée en intégrant les infiltrations aérauliques	°C
	$\theta_{air,recycle}(h)$	Température d'air recyclé en mode chauffage au niveau de la centrale de ventilation.	°C
	$\rho_{air,recycle}(h)$		
	$\rho_{air,recycle}(h-1)$	Masse volumique d'air recyclé en mode chauffage au niveau de la centrale de ventilation.	kg/m3
	$\rho_{air\_souffle(recalcule)}(h)$		
	$\rho_{air\_souffle(recalcule)}(h-1)$	Masse volumique d'air soufflée recalculée (au pas de temps h et h-1).	kg/m3
	$P_{vent,rep(recalcule)}(h)$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage recalculées au pas de temps h	W
	$P_{vent,sou(recalcule)}(h)$		

$\theta_{icondg,s}(h)$	Température de l'air à l'intérieur des conduits d'extraction du composant bouches-conduits g,s	°C			
$\theta_{icond(recalcule)g,s}(h)$					
ε_t	Efficacité de l'échangeur en représentation simplifiée, en prenant en compte le statut de saisie en mode ventilation seule et chauffage	-	0	1	-
ε_{modeCH}					
$\delta_{bypass}(h)$	Indicateur d'activation du by-pass de l'échangeur statique.	-			
$\varepsilon_{recalculé}(h)$	Efficacité de l'échangeur recalculée au pas de temps h.	-	0	1	-
$C_{air\_repris}(h)$	Débit capacitif de l'air repris et de l'air neuf (pour la caractérisation des performances de l'échangeur)	W/K			
$C_{air\_neuf}(h)$					
$C(h)$	Rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux-fluides de l'échangeur	-			
$NUT(h)$	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur	-			
$C_{air\_rejeté}(h)$	Débit capacitif de l'air rejeté	W/K			

Constantes

Nom	Description	Unité	Val
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006
ρ_{ref}	Masse volumique de l'air de référence	kg/m ³	1,2
θ_{ref}	Température d'air correspondant à la masse volumique de l'air de référence	°C	20
P_{el}	Rendement des ventilateurs	-	0,8
$\varepsilon_{utile\ max}$	Efficacité maximale de l'échangeur en l'absence de valeurs certifiées ou justifiées	-	0,5

Tableau 401 : Nomenclature du modèle

16.18.5 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.18.5.1 *Prise en compte du système avant le calcul des besoins en énergie du groupe*

La première phase de modélisation du système 2 fonctions consiste à fournir les données d'entrée pour l'algorithme de modélisation du comportement thermique du groupe, à savoir débits, massiques températures et humidités de l'air soufflés dans le groupe.

Cette première phase intervient avant le calcul des besoins d'énergie de chauffage du groupe.

On modélise alors le système 2 fonctions avec comme hypothèse que les fonctions chauffage et refroidissement sont désactivées, ce qui le ramène donc à un système de ventilation double-flux hygiénique classique.

Ainsi, le calcul est identique à celui d'un système de ventilation double-flux classique, déjà pris en compte dans la méthode Th-BCE 2020, détaillés dans les chapitres « 6.2 C_Ven_Bouches-conduits » (débits massiques soufflés et repris) et « 6.3 C_Ven_CTA et Double_flux » (température et humidité de l'air soufflé, puissance de ventilateurs pour le débit d'hygiène).

Par soucis de simplicité, seule la description simplifiée de l'efficacité de l'échangeur est utilisable dans le composant ($id_{niveau\_detail\_echangeur} = 0$: représentation simplifiée).

16.18.5.2 *Gestion des débits*

PRISE EN COMPTE DU SYSTEME APRES LE CALCUL DES BESOINS EN ENEGIE DU GROUPE

La seconde phase de modélisation du système 2 fonctions consiste à :

- recalculer les températures, humidités de l'air et puissances appelées en prenant en compte les besoins de chauffage des locaux,
- calculer les consommations énergétiques supplémentaires des ventilateurs du système 2 fonctions, en intégrant le cas échéant les fonctions de recyclage ou d'augmentation de débit liées à un appel de puissance de chauffage, ou de refroidissement ou d'ECS.

Le déclenchement du mode chauffage ou refroidissement ou ECS peut entraîner :

- soit un maintien des débits soufflés et repris au niveau du mode ventilation seule
- soit une augmentation des débits soufflés et repris en restant en tout air neuf et tout air repris,
- soit une augmentation des débits soufflés ou repris, avec l'ouverture de volet de recyclage d'air intérieur côté source aval et d'air extérieur côté source amont. Cette solution présente l'avantage de ne pas augmenter la quantité d'air neuf (froid) à réchauffer lors de l'activation du mode chauffage ou du mode refroidissement
- Soit une augmentation du débit d'air neuf et l'ouverture de volet de recyclage via la configuration F.

Le calcul de la centrale de ventilation est directement lié à celui des bouches-conduits connectés, dont les conventions sont les suivantes :

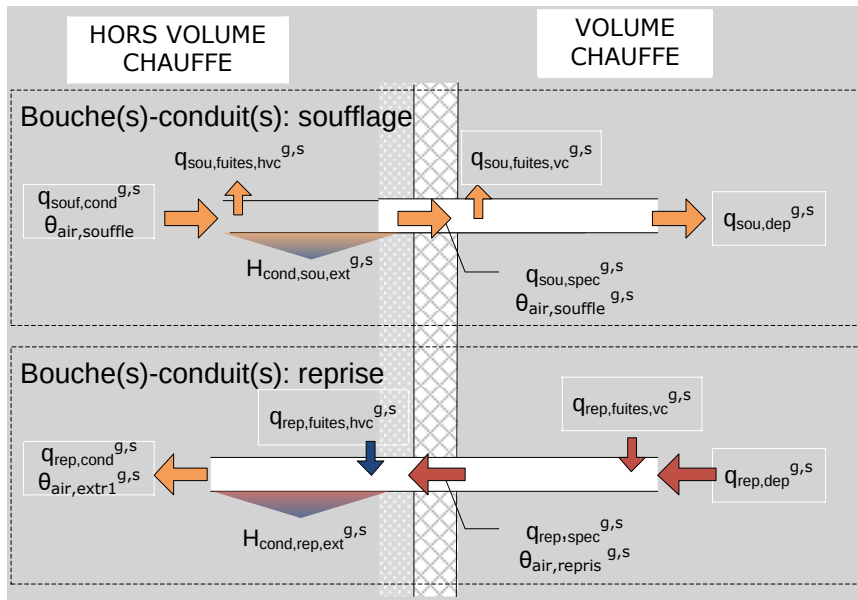


Figure 228: rappel des notations de débits et températures au niveau des bouches-conduits

16.18.5.3 Préprocesseur

En début de simulation, on calcule les variables suivantes, indépendantes du pas de temps de simulation :

$$q_{rep, fuites, vc}^{g,s} = Rat_{fuitesvc}^{g,s} \times q_{rep, fuites}^{g,s} \quad (3183)$$

$$q_{sou, fuites, vc}^{g,s} = Rat_{fuitesvc}^{g,s} \times q_{sou, fuites}^{g,s}$$

$$q_{rep, fuites, hvc}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times q_{rep, fuites}^{g,s} \quad (3184)$$

$$q_{sou, fuites, hvc}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times q_{sou, fuites}^{g,s}$$

En usage d'habitation maison individuelle ou accolée ou logement collectif, il est nécessaire de convertir en préprocesseur les puissances de ventilateur base et pointe en une valeur d'occupation :

$$P_{vent\_rep\_occ} = \frac{P_{vent\_rep\_pointe} \times MAX_{g,s}(Dugd^{g,s}) + P_{vent\_rep\_base} \times (168 - MAX_{g,s}(Dugd^{g,s}))}{168} \quad (3185)$$

$$P_{vent\_sou\_occ} = \frac{P_{vent\_sou\_pointe} \times MAX_{g,s}(Dugd^{g,s}) + P_{vent\_sou\_base} \times (168 - MAX_{g,s}(Dugd^{g,s}))}{168}$$

Pour rappel, on calcule également les surfaces et coefficients de déperditions thermiques des conduits hors volume chauffé :

$$A_{cond, sou, ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuites, vc}^{g,s}) \times A_{cond, sou}^{g,s} \quad (3186)$$

$$A_{cond, rep, ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuites, vc}^{g,s}) \times A_{cond, rep}^{g,s}$$

$$H_{cond, souf, ext}^{g,s} = \frac{A_{cond, sou, ext}^{g,s}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0.02} \quad (3187)$$

$$H_{cond, rep, ext}^{g,s} = \frac{A_{cond, rep, ext}^{g,s}}{R_{repris}^{g,s} + 0.02}$$

Dans le cas d'un mode chauffage (ou refroidissement) sans recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour, $Id_{ModeCH} = \ll 1 \gg$ Pas de recyclage d'air » ou $Id_{ModeFR} = \ll 1 \gg$ Pas de recyclage d'air » :

Les débits soufflés en mode chauffage sont définis au niveau de la centrale de ventilation. On calcul les débits en incluant les infiltrations des réseaux aérauliques.

$$q_{rep\_mod\ eCH,dep} = q_{rep\_mod\ eCH,dep\ (saisi)} \quad (3188)$$

$$q_{sou\_mod\ eCH,dep} = q_{sou\_mod\ eCH,dep\ (saisi)}$$

$$q_{rep\_mod\ eCH,spec} = q_{rep\_mod\ eCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (3189)$$

$$q_{sou\_mod\ eCH,spec} = q_{rep\_mod\ eCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$$

$$q_{rep\_mod\ eCH,cond} = q_{rep\_mod\ eCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites}^{g,s} \quad (3190)$$

$$q_{sou\_mod\ eCH,cond} = q_{rep\_mod\ eCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques en mode chauffage sont recalculés au prorata des débits volumiques en mode ventilation seule.

$$q_{rep\_mod\ eCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{rep\_mod\ eCH,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}} q_{rep,dep,occ}^{g,s} + q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (3191)$$

$$q_{rep\_mod\ eCH,cond}^{g,s} = q_{rep\_mod\ eCH,spec}^{g,s} + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$$

$$q_{sou\_mod\ eCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_mod\ eCH,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (3192)$$

$$q_{sou\_mod\ eCH,cond}^{g,s} = q_{sou\_mod\ eCH,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

De même, pour un système assurant également le refroidissement, les débits soufflés en mode refroidissement sont définis au niveau de la centrale de ventilation. On calcul les débits en incluant les infiltrations des réseaux aérauliques.

$$q_{rep\_mod\ eFR,dep} = q_{rep\_mod\ eFR,dep\ (saisi)} \quad (3193)$$

$$q_{sou\_mod\ eFR,dep} = q_{sou\_mod\ eFR,dep\ (saisi)}$$

$$q_{rep\_mod\ eFR,spec} = q_{rep\_mod\ eFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (3194)$$

$$q_{sou\_mod\ eFR,spec} = q_{rep\_mod\ eFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$$

$$q_{rep\_mod\ eFR,cond} = q_{rep\_mod\ eFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites}^{g,s} \quad (3195)$$

$$q_{sou\_mod\ eFR,cond} = q_{rep\_mod\ eFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques en mode refroidissement sont recalculés au prorata des débits volumiques en mode ventilation seule.

$$q_{rep\_mod\ eFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{rep\_mod\ eFR,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}} q_{rep,dep,occ}^{g,s} + q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (3196)$$

$$q_{rep\_mod\ eFR,cond}^{g,s} = q_{rep\_mod\ eFR,spec}^{g,s} + q_{rep, fuites,hvc}^{g,s}$$

$$q_{sou\_mod\ eFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_mod\ eFR,dep}}{\sum_{g,s \in s} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou, fuites,vc}^{g,s} \quad (3197)$$

$$q_{sou\_mod\ eFR,cond}^{g,s} = q_{sou\_mod\ eFR,spec}^{g,s} + q_{sou, fuites,hvc}^{g,s}$$

Comme pour l'échangeur en ventilation seule, les efficacités ϵ_{modeCH} de l'échangeur en mode chauffage et ϵ_{modeFR} en mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur prise en compte dans le calcul dépendent du statut de donnée associé :

- **Statut certifié ($id_{statut\_echangeur\_ch} / id_{statut\_echangeur\_fr} = 2$)** : la valeur issue d'une certification basée sur la norme NF EN 13141-7 si le produit est certifié par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,
- **Statut justifié ($id_{statut\_echangeur\_ch} / id_{statut\_echangeur\_fr} = 1$)** : $\epsilon_{modeCH\_saïsi} / \epsilon_{modeFR\_saïsi}$ est la valeur justifiée par un essai selon la norme NF EN 13141-7 effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme EN 13141-7,

$$\begin{aligned} \epsilon_{modeCH} &= 0,9 \times \epsilon_{modeCH\_saïsi} \\ \epsilon_{modeFR} &= 0,9 \times \epsilon_{modeFR\_saïsi} \end{aligned} \quad (3198)$$

- **Statut déclaré ($id_{statut\_echangeur\_ch} = 0 / id_{statut\_echangeur\_fr} = 0$)** : la valeur est simplement déclarée par le fabricant :

$$\begin{aligned} \epsilon_{modeCH} &= MIN(0,8 \times \epsilon_{modeCH\_saïsi} ; \epsilon_{utile\ max}) \\ \epsilon_{modeFR} &= MIN(0,8 \times \epsilon_{modeFR\_saïsi} ; \epsilon_{utile\ max}) \end{aligned} \quad (3199)$$

Dans le cas d'un mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour $Id_{ModeCH} = \ll 2 \gg$
Avec recyclage d'air int./ext. » / $Id_{ModeFR} = \ll 2 \gg$ Avec recyclage d'air int./ext. » :

$$\begin{aligned} q_{recycleCH, fuites} &= 3600 \times K_{res\ recyclage} \times A_{cond, recyclage} \times dP^{0.667} \\ q_{recycleFR, fuites} &= 3600 \times K_{res\ recyclage} \times A_{cond, recyclage} \times dP^{0.667} \end{aligned} \quad (3200)$$

Où :

- $K_{res,recyclage}$ est la classe d'étanchéité à l'air du réseau de recyclage,

Classe d'étanchéité du réseau	Kres (m ³ /(s.m ²) sous 1 Pa)
A	0,027 10 ⁻³
B	0,009 10 ⁻³
C	0,003 10 ⁻³
Autre (valeur par défaut)	0,0675 10 ⁻³

Tableau 402 : Valeurs conventionnelles de $K_{res,recyclage}$

- $A_{cond,recyclage}$ est la surface du ou des conduits de recyclage connectés à la centrale en m². Par défaut :

$$A_{cond, recyclage} = 0,02 \times MAX (q_{recycleCH} ; q_{recycleFR}) \quad (3201)$$

- dP est la différence de pressions de référence pour le calcul des fuites. On retiendra conventionnellement la valeur pour la haute pression correspond au logement individuel, **soit 80 Pa**.

$$H_{cond, recycle, ext} = \frac{A_{cond, recyclage}}{R_{recyclage}} + 0,02 \quad (3202)$$

En mode chauffage :

$$q_{recycleCH, spec} = q_{recycleCH} + Rat_{vc, recyclage} \times q_{recycleCH, fuites} \quad (3203)$$

$$q_{recycleCH, cond} = q_{recycleCH} + q_{recycleCH, fuites}$$

$$q_{sou\_mod eCH, dep} = \sum_{g,s \in s} q_{sou, dep, occ}^{g,s} + q_{recycleCH, cond} \quad (3204)$$

$$q_{sou\_mod eCH, spec} = q_{sou\_mod eCH, dep} + \sum_{g,s \in s} q_{sou, fuites, vc}^{g,s} \quad (3205)$$

$$q_{sou\_mod eCH, cond} = q_{sou\_mod eCH, spec} + \sum_{g,s \in s} q_{sou, fuites, hvc}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques soufflés en mode chauffage sont recalculés au prorata des débits volumiques soufflés en mode ventilation seule. Les débits volumiques repris restent inchangés.

$$q_{sou\_mod eCH, spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_mod eCH, dep}}{\sum_{g,s \in s} q_{sou, dep, occ}^{g,s}} q_{sou, dep, occ}^{g,s} + q_{sou, fuites, vc}^{g,s} \quad (3206)$$

$$q_{sou\_mod eCH, cond}^{g,s} = q_{sou\_mod eCH, spec}^{g,s} + q_{sou, fuites, hvc}^{g,s}$$

En mode refroidissement :

$$q_{recycleFR, spec} = q_{recycleFR} + Rat_{vc, recyclage} \times q_{recycleFR, fuites} \quad (3207)$$

$$q_{recycleFR, cond} = q_{recycleFR} + q_{recycleFR, fuites}$$

$$q_{sou\_mod eFR, dep} = \sum_{g,s \in s} q_{sou, dep, occ}^{g,s} + q_{recycleFR, cond} \quad (3208)$$

$$q_{sou\_mod eFR, spec} = q_{sou\_mod eFR, dep} + \sum_{g,s \in s} q_{sou, fuites, vc}^{g,s} \quad (3209)$$

$$q_{sou\_mod eFR, cond} = q_{sou\_mod eFR, spec} + \sum_{g,s \in s} q_{sou, fuites, hvc}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques soufflés en mode refroidissement sont recalculés au prorata des débits volumiques soufflés en mode ventilation seule. Les débits volumiques repris restent inchangés.

$$q_{sou\_mod eFR, spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_mod eFR, dep}}{\sum_{g,s \in s} q_{sou, dep, occ}^{g,s}} q_{sou, dep, occ}^{g,s} + q_{sou, fuites, vc}^{g,s} \quad (3210)$$

$$q_{sou\_mod\ eFR,cond}^{g,s} = q_{sou\_mod\ eFR,spec}^{g,s} + q_{sou, fuites,hvc}^{g,s}$$

16.18.5.4 Cohérence du montage

Dans le cas d'un mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour, $Id_{ModeCH} =$ « 1) Sans recyclage d'air intérieur/extérieur » on vérifiera que les débits aux bouches en mode chauffage sont bien supérieurs aux débits en mode ventilation seule :

$$\text{Si } q_{rep\_mod\ eCH,dep} < \sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s} \text{ alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (3211)$$

« Le débit volumique d'air repris en mode de chauffage doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

$$\text{Si } q_{sou\_mod\ eCH,sou} < \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} \text{ , alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (3212)$$

« Le débit volumique d'air soufflé en mode de chauffage doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

De même dans le cas d'un mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur, $Id_{ModeFR} =$ « 1) Sans recyclage d'air intérieur/extérieur » :

$$\text{Si } q_{rep\_mod\ eFR,dep} < \sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s} \text{ alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (3213)$$

« Le débit volumique d'air repris en mode de refroidissement doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

$$\text{Si } q_{sou\_mod\ eFR,sou} < \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} \text{ , alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (3214)$$

« Le débit volumique d'air soufflé en mode de refroidissement doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

16.18.5.5 Algorithme de prise en compte horaire

Les algorithmes de prise en compte horaire des systèmes fonctions pour l'aspect ventilation sont détaillés page suivante :

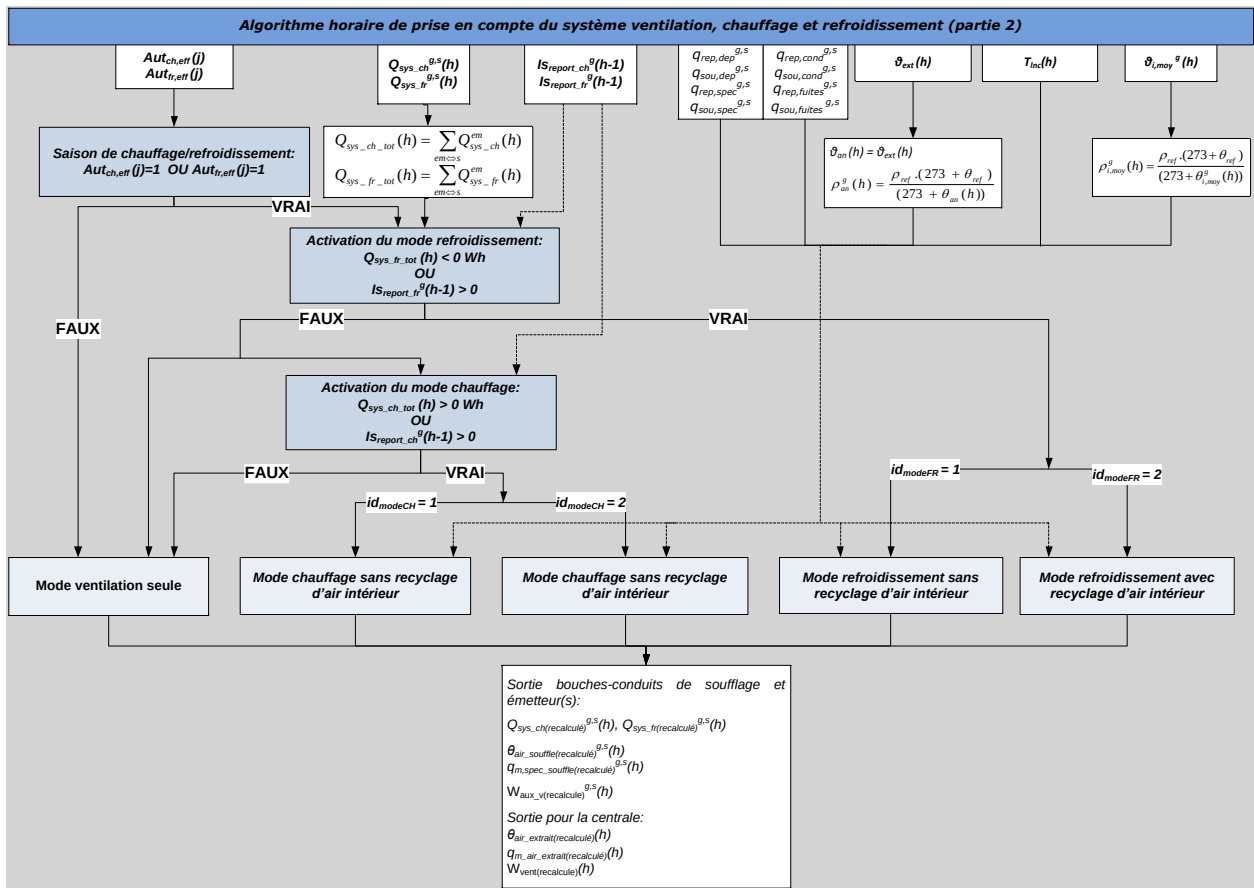


Figure 229: structure globale de l'algorithme

Au cours d'un pas de temps, on considère que le système ne peut pas assurer simultanément le chauffage et le refroidissement. Etant donné qu'il est destiné aux usages résidentiels, il n'y a à priori pas de temps où un besoin de chaud et un besoin de froid devront être assurés simultanément. Dans le cas où cela arriverait, le mode refroidissement est considéré prioritaire. Le besoin de chauffage reste cependant comptabilisé au niveau de l'émetteur, et transmis à la génération associée au système de ventilation.

Mode ventilation seule :

Que ce soit en l'absence de besoin de chauffage (ventilation seule), ou avec en présence de besoins faibles ne nécessitant pas l'augmentation des débits, les variables recalculées sont égales aux variables calculées lors du premier calcul précédent le bilan thermique des groupes :

$$Q_{sys\_ch(recalculé)}^{g.s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g.s}(h) (= 0 \text{ Wh})$$

$$Q_{sys\_fr(recalculé)}^{g.s}(h) = Q_{sys\_fr}^{g.s}(h) (= 0 \text{ Wh})$$

$$\theta_{air\_souffle(recalculé)}^{g.s}(h) = \theta_{air\_souffle}^{g.s}(h)$$

$$q_{m\_sou\_spec(recalculé)}^{g.s}(h) = q_{m\_sou\_spec}^{g.s}(h)$$

$$\theta_{air\_extraire(recalculé)}(h) = \theta_{air\_extraire}(h)$$

$$q_{m\_air\_extraire(recalculé)}(h) = q_{m\_air\_extraire}(h)$$

$$W_{vent(recalcule)}(h) = W_{vent}(h)$$

$$W_{aux\_V(recalcule)}^{g,s}(h) = W_{aux\_V}^{g,s}(h) \quad (3218)$$

Mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur avec augmentation du débit d'air neuf

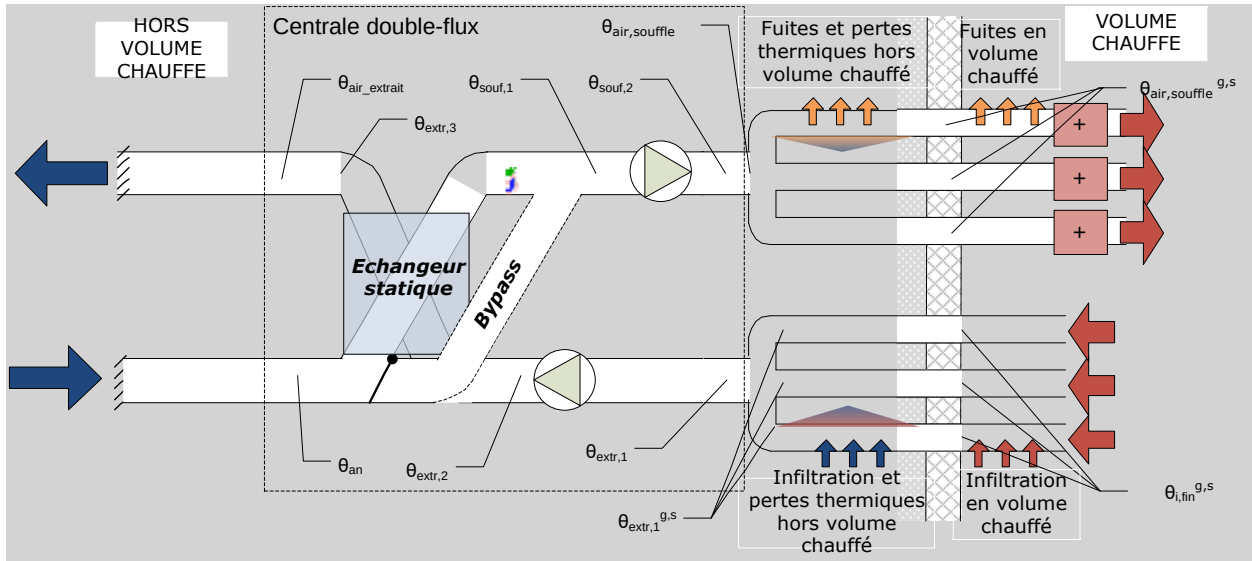


Figure 230: mode chauffage (ou refroidissement) sans recyclage d'air intérieur/extérieur avec augmentation du débit d'air neuf

En mode chauffage avec augmentation des débits, l'ensemble des puissances de ventilateurs et des températures du réseau de ventilation doivent être recalculées, dans la mesure où les débits repris et soufflés sont supérieurs au mode ventilation seule ou chauffage sans augmentation des débits.

$$q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) = \frac{1}{3600} \sum_{g,s \in s} \rho_{i,moy}^g(h) q_{rep\_mod\ eCH,cond}^{g,s} \quad (3219)$$

$$q_{m\_air\_extrait(recalculé)}(h) = q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) \quad (3220)$$

$$P_{vent\_rep(recalcule)}(h) = P_{vent\_rep\_modeCH} \quad (3221)$$

$$P_{vent\_souf(recalcule)}(h) = P_{vent\_sou\_modeCH} \quad (3222)$$

$$W_{vent(recalcule)}(h) = P_{vent\_rep(recalcule)}(h) + P_{vent\_souf(recalcule)}(h) \quad (3222)$$

Les températures extraites sont calculées à partir des nouveaux débits pour chaque composant bouches-conduits :

$$T_{Lnc}^{g,s}(h) = (1 - b_{thermique}^{et}(h)) \times \theta_{i,moy}^g(h) + b_{thermique}^{et}(h) \times \theta_{ext}(h) \quad (3223)$$

$$\theta_{i,cond(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{q_{rep\_mod\ eCH,spec}^{g,s} \times \theta_{i,moy}^g(h) + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s} \times T_{Lnc}^{g,s}(h)}{q_{rep\_mod\ eCH,cond}^{g,s}} \quad (3224)$$

$$\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) = \theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - \left(\theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \right) \right) \quad (3225)$$

Au niveau de la centrale, la température extraite après passage dans les conduits est la suivante :

$$\theta_{extr1(recalcule)}(h) = \frac{\sum^g (\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) \times \rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep\_mod eCH,cond}^{g,s}(h))}{3600 \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (3226)$$

$$\theta_{extr2(recalcule)}(h) = \theta_{extr1(recalcule)}(h) + \frac{pel \times P_{vent\_rep(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (3227)$$

Le mode chauffage peut être associé à une augmentation des débits et donc à une modification de l'efficacité de l'éventuel échangeur statique :

$$\varepsilon_{recalcule}(h) = \bar{\delta}_{bypass}(h) \varepsilon_{modeCH} \quad (3228)$$

$$\theta_{souf1(recalculé)}(h) = \theta_{an}(h) + \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (3229)$$

$$\theta_{extr3(recalculé)}(h) = \theta_{extr2(recalcule)}(h) - \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (3230)$$

$$\theta_{souf2(recalcule)}(h) = \theta_{souf1(recalcule)}(h) + \frac{3600 \times pel \times P_{vent\_sou(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times \rho_{air,souffle(recalcule)}(h-1) \times q_{sou\_mod eCH,cond}} \quad (3231)$$

Note : $\rho_{air,souffle(recalcule)}(h)$ est initialisée à la valeur de la constante ρ_{ref}

$$\theta_{air\_souffle(recalculé)}(h) = \theta_{souf2(recalculé)}(h) \quad (3232)$$

$$\rho_{air,souffle(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air,souffle(recalcule)}(h))} \quad (3233)$$

$$q_{m,sou,cond(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{air\_souffle}(h) \cdot q_{sou\_mod eCH,cond}}{3600} \quad (3234)$$

Côté air évacué, la température d'air est la suivante :

$$\theta_{air\_extrait(recalcule)}(h) = \theta_{extr3(recalcule)}(h) \quad (3235)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage, les données de sortie sont les suivantes :

$$q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) = \rho_{air\_souffle(recalcule)}(h) \cdot q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s} \quad (3236)$$

$$q_{m,sou,cond(recalcule)}^{g,s}(h) = \rho_{air\_souffle(recalcule)}(h) \cdot q_{sou\_modeCH,cond}^{g,s}$$

$$\theta_{air\_soufflé (recalcule)}^{g,s}(h) = \theta_{air\_souffle (recalcule)}(h) - \left(\theta_{air\_souffle (recalcule)}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond (recalcule)}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (3237)$$

$$Q_{sys\_ch(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot MAX(0; q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé (recalcule)}^{g,s}(h)] - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}^{g,s}(h)]) \quad (3238)$$

$$Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_fr}^{g,s}(h)$$

$$W_{aux\_V(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{W_{vent(recalcule)}(h) \times q_{m,sou\_spec(recalcule)}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou\_spec(recalcule)}^{g,s}(h)} \quad (3239)$$

Mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur et avec augmentation du débit d'air neuf

Le modèle est rigoureusement similaire au mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, à ceci près que le jeu de données employé est celui d'indice « FR ».

Au final, en mode refroidissement :

$$Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = MIN[0; Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot (q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé (recalcule)}^{g,s}(h)) - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}^{g,s}(h)))] \quad (3240)$$

$$Q_{sys\_ch(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)$$

Mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur :

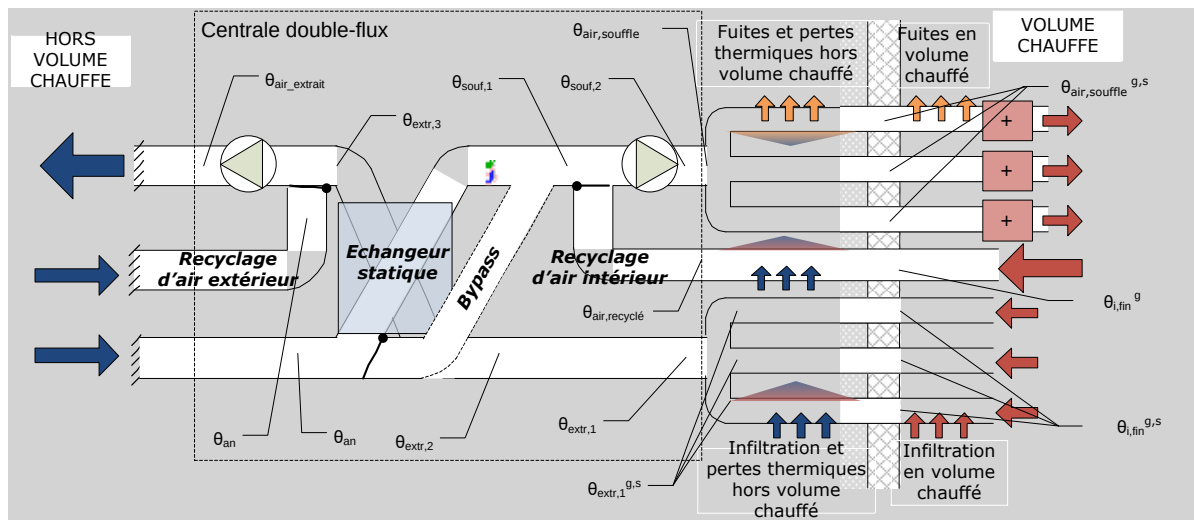


Figure 231: mode chauffage ou refroidissement avec recyclage d'air intérieur/extérieur

En mode chauffage par recyclage d'air intérieur/extérieur, les débits repris aux bouches de ventilation (hors ceux de recyclage) restent identiques au mode ventilation seule :

$$q_{m,rep,cond(recalculé)}(h) = \frac{1}{3600} \sum_g (\rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep\_cond}^{g,s}(h)) \quad (3241)$$

Les débits soufflés et extraits doivent par contre être recalculés en intégrant les débits de recyclage. La température d'air recyclée équivalente est prise égale à la moyenne pondérée par les débits en mode chauffage des groupes desservis :

$$T_{ln c,recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,s \in S} (q_{sou\_mod eCH,spec}^{g,s} \cdot T_{Lnc}^{g,s}(h))}{q_{sou\_mod eCH,spec}} \quad (3242)$$

$$\theta_{i\_moy\_recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,s \in S} (q_{sou\_mod eCH,spec}^{g,s} \cdot \theta_{i\_moy}^{g,s}(h))}{q_{sou\_mod eCH,spec}} \quad (3243)$$

$$\theta_{air\_recycle,cond}(h) = \frac{q_{recycleCH,spec} \cdot \theta_{i\_moy\_recyclage}(h) + (1 - Rat_{vc,recyclage}) \times q_{recycleCH,fuites} \times T_{ln c,recyclage}(h)}{q_{recycleCH,cond}} \quad (3244)$$

$$\theta_{air\_recycle}(h) = \theta_{air\_recycle,cond}(h) - (\theta_{air\_recycle,cond}(h) - T_{ln c,recyclage}(h)) \times \left(1 - \exp\left(\frac{H_{cond,recycleCH,ext}}{C_{pa} \times \rho_{air\_recycle}(h-1) \times q_{recycleCH,cond}} \right) \right) \quad (3245)$$

$$\rho_{air\_recycle}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air\_recycle}(h))} \quad (3246)$$

Pour ce qui est des ventilateurs, on applique les puissances en mode chauffage :

$$P_{vent\_rep(recalculé)}(h) = P_{vent\_rep\_modeCH} \quad (3247)$$

$$P_{vent\_souf(recalculé)}(h) = P_{vent\_sou\_modeCH}$$

$$W_{vent(recalculé)}(h) = P_{vent\_rep(recalculé)}(h) + P_{vent\_souf(recalculé)}(h) \quad (3248)$$

La température d'air extrait avant échangeur statique est calculée de la manière suivante :

$$T_{Lnc}^{g,s}(h) = (1 - b_{thermique}^{et}(h)) \times \theta_{i,moy}^g(h) + b_{thermique}^{et}(h) \times \theta_{ext}(h) \quad (3249)$$

$$\theta_{i,cond(recalculé)}^{g,s}(h) = \frac{q_{rep\_mod eCH,spec}^{g,s} \times \theta_{i,moy}^g(h) + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s} \times T_{Lnc}^{g,s}(h)}{q_{rep\_mod eCH,cond}^{g,s}} \quad (3250)$$

$$\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) = \theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - \left(\theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \right) \right) \quad (3251)$$

$$\theta_{extr1(recalcule)}(h) = \frac{\sum^g \left(\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) \times \rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep\_mod\ eCH,cond}^{g,s}(h) \right)}{3600 \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (3252)$$

$$\theta_{extr2(recalcule)}(h) = \theta_{extr1(recalcule)}(h) + \frac{pel \times P_{vent\_rep(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (3253)$$

L'efficacité de l'échangeur statique reste identique à celle du mode ventilation seule :

$$\varepsilon_{recalcule}(h) = \delta_{bypass}(h) \varepsilon_t \quad (3254)$$

$$\theta_{souf1(recalculé)}(h) = \theta_{an}(h) + \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (3255)$$

$$\theta_{extr3(recalculé)}(h) = \theta_{extr2(recalcule)}(h) - \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (3256)$$

Le recyclage d'air est modélisé avec les hypothèses suivantes :

- Le débit volumique recyclé à l'entrée de la centrale de ventilation est constant, égal à $q_{recycleCH,cond}$,
- Le débit massique d'air neuf soufflé en amont du mélange est conservé par rapport au calcul en mode ventilation seule du pas de temps.

$$q_{m,sou,cond(recalcule)}(h) = \sum_{g,s} q_{m,sou\_cond}^{g,s}(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_recycle}(h) \times q_{recycleCH,cond} \quad (3257)$$

$$\theta_{souf\_mélange}(h) = \frac{1}{q_{m,sou,cond(recalcule)}(h)} \left(\sum_{g,s} q_{m,sou\_cond}^{g,s}(h) \times \theta_{souf,1(recalcule)}(h) \right) + \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_recycle}(h) \times q_{recycleCH,cond} \times \theta_{air\_recycle}(h) \quad (3258)$$

$$\theta_{souf2(recalcule)}(h) = \theta_{souf\_mélange}(h) + \frac{pel \times P_{vent\_sou(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond(recalcule)}(h)} \quad (3259)$$

$$\theta_{air\_souffle(recalculé)}(h) = \theta_{souf2(recalculé)}(h) \quad (3260)$$

$$\rho_{air,souffle(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air,souffle(recalcule)}(h))} \quad (3261)$$

Côté air évacué, la température en sortie de centrale peut être impactée par un recyclage d'air extérieur, visant pour les systèmes associés à un générateur thermodynamique air extrait/air neuf, à compenser l'augmentation de débit soufflé :

$$\theta_{air\_extrait(recalculé)}(h) = \frac{q_{m,rep,cond(recalculé)}(h) \cdot \theta_{extr3(recalculé)}(h) + \frac{\rho_{AN}(h)}{3600} q_{recycleCH,extr} \cdot \theta_{AN}(h)}{q_{m,air\_extrait(recalculé)}(h)} \quad (3262)$$

$$q_{m,air\_extrait(recalculé)}(h) = q_{m,rep,cond(recalculé)}(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{AN}(h) \times q_{recycleCH,extr} \quad (3263)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage, les données de sortie sont les suivantes :

$$q_{m,sou\_spec(recalculé)}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_souffle(recalculé)}(h) \times q_{sou\_mod eCH\_spec}^{g,s} \quad (3264)$$

$$q_{m,sou\_cond(recalculé)}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_souffle(recalculé)}(h) \times q_{sou\_mod eCH\_cond}^{g,s}$$

$$\theta_{air\_soufflé(recalculé)}^{g,s}(h) = \theta_{air\_souffle(recalculé)}(h) - \left(\theta_{air\_souffle(recalculé)}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond(recalculé)}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (3265)$$

$$Q_{sys\_ch(recalculé)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot MAX(0; q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé(recalculé)}^{g,s}(h)] - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}^{g,s}(h)])$$

$$Q_{sys\_fr(recalculé)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) \quad (3266)$$

$$W_{aux\_V(recalculé)}^{g,s}(h) = \frac{W_{vent(recalculé)}(h) \times q_{m,sou\_spec(recalculé)}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou\_spec(recalculé)}^{g,s}(h)} \quad (3267)$$

Mode refroidissement avec recyclage d'air intérieur/extérieur

Le modèle est rigoureusement similaire au mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, à ceci près que le jeu de données employé est celui d'indice « FR ».

Au final, en mode refroidissement :

$$Q_{sys\_fr(recalculé)}^{g,s}(h) = MIN[0; Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot (q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé(recalculé)}^{g,s}(h)) - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}^{g,s}(h)))]$$

$$Q_{sys\_ch(recalculé)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) \quad (3268)$$

16.18.6 METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE : OUTIL DE CONVERSION DES RESULTATS D'ESSAIS SELON LA NORME EN 13141-7 POUR UTILISATION DANS LE MOTEUR REGLEMENTAIRE

16.18.6.1 Introduction

Les résultats d'essais selon la norme NF EN 13141-7 concernent l'ensemble de la centrale de ventilation DFTh, qui peut inclure un récupérateur passif et/ou du recyclage d'air côté intérieur et /ou extérieur.

Dans ces situations, afin de disposer des matrices de performance pour le générateur thermodynamique de chauffage et/ou de refroidissement pouvant être utilisées dans le calcul réglementaire, il est nécessaire d'isoler les performances de la pompe à chaleur de celle de l'ensemble.

En chauffage, étant donné le décalage important des températures de source induit par la présence d'un échangeur ou de fonctions de recyclage, les matrices de performance vers lesquelles aboutissent cette conversion sont celles des PAC de chauffage air extérieur/air recyclé, telles que définies au paragraphe 8.23.3.3.2 de la méthode Th-BCE.

En refroidissement, le décalage est moins important. Aussi, on conserve les matrices de performance des refroidisseurs air extrait/air neuf, telles que définies au paragraphe 8.23.3.5.3 de la méthode Th-BCE 2020.

Un outil de conversion sous forme de tableur Excel est donc fourni en complément de cette méthode. Cet outil de conversion réalise les opérations suivantes :

- L'outil calcule d'une part les températures de sources aval et amonts de la pompe à chaleur à partir des résultats d'essais. Il déduit également de l'énergie fournie par la pompe à chaleur l'énergie fournie par le récupérateur statique pour chaque point d'essai.
- En utilisant les relations d'extrapolation par défaut de COP, EER et puissance absorbée P_{abs} prévues dans la méthode Th-BCE 2020, on reconstruit les matrices de performances complètes à partir du ou des résultats d'essai connus. Pour plus de détails sur les coefficients d'extrapolation conventionnels utilisés (notés C_{nav} et C_{nam}), se reporter aux paragraphes 8.23.3.3 et 8.23.3.5 de la méthode Th-BCE 2020

Ces matrices de performance complètes (pour toutes les températures amont et températures aval) peuvent ensuite être reportées dans le calcul réglementaire. Le statut à utiliser dans le calcul réglementaire (certifié ou justifié) est celui des résultats d'essais.

16.18.6.2 Nomenclature

Paramètres de l'outil

Nom	Description	Unité	Min	Max
Qsouf	Débits d'air neuf soufflé et repris au niveau de la centrale double flux en mode chauffage/refroidissement	m ³ /h	0	
Qrep				
Qrecycl_souf	Débits d'air recyclé côté air soufflé et air repris.	M ³ /h	0	
Qrecycl_rep				
ε	Efficacité de l'échangeur en mode chauffage ou refroidissement (certifiée ou justifiée)	-	0	1
Wsouf	Puissances de ventilateurs en mode chauffage/refroidissement	W	0	
Wrep				

<i>COP 20/7</i>	Obligatoire : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur 7°C	-	0
<i>Pabs 20/7</i>		kW	0
<i>COP 20/2</i>	Facultatif : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur 2°C	-	0
<i>Pabs 20/2</i>		kW	0
<i>COP 20/-7</i>	Facultatif : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur -7°C	-	0
<i>Pabs 20/-7</i>		kW	0
<i>EER 27/35</i>	Obligatoire : EER et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode refroidissement dans les conditions intérieur 27°C/extérieur 35°C	-	0
<i>Pabs 27/35</i>		kW	0
θ_{an_min} (°C)	Température d'air neuf minimale de fonctionnement du système en mode chauffage (si le système est limitée)	°C	

Sorties de l'outil

Nom	Description	Unité	Min	Max
<i>COP(i;j)</i>	Matrice des COP et puissances absorbées à pleine charge certifiées ou justifiées en chauffage	0		
<i>Pabs(i;j)</i>		kW		
<i>EER(i;j)</i>	Matrice des EER et puissances absorbées à pleine charge certifiées ou justifiées en chauffage	0		
<i>Pabs(i;j)</i>		kW		
θ_{min_am} (°C)	Température amont minimale en-dessous de laquelle le système ne peut pas être utilisé.	°C		

Constantes

Nom	Description	Unité	Val.
θ_{ref}	Température dans les conditions de référence	°C	20
ρ_{ref}	Masse volumique de l'air dans les conditions de référence.	Kg/m ³	1,2
C_p	Capacité thermique massique de l'air dans les conditions de référence.	J/(kg. K)	1006

Variables internes

Nom	Description	Unité	Val.
θ_{an}			
θ_{rep}	Températures d'air neuf et d'air repris	°C	
qm_souf	Débits massiques d'air neuf soufflé et repris		
qm_rep	au niveau de la centrale double flux en mode chauffage/refroidissement	kg/h	
qm_recycl_souf			
qm_recycl_rep	Débits d'air recyclé côté air soufflé et air repris.	Kg/h	
θ_{av}			
θ_{am}	Températures de sources aval et amont aux bornes de la pompe à chaleur (air entrant)	°C	
P_{foutot}	Puissance totale fournie par le système DF Th	kW	
P_{fouech}	Puissance fournie par l'échangeur seul	kW	
$COP\_sans\_échangeur$	COP de la pompe à chaleur seule	kW	

16.18.6.3 Description mathématique

L'utilisation de l'outil en mode chauffage et en mode refroidissement est totalement découplée, ce qui permet de prendre en compte les différences entre les modes. Les paramètres à saisir et la procédure sont globalement les mêmes (ϵ , débits, puissances de ventilateurs, puissance absorbée et COP/EER).

Si à la fois l'efficacité ϵ et les débits de recyclage (Q_{recycl_souf} , Q_{recycl_rep}) sont nuls ou non-définis, les performances du système n'ont pas à être corrigées (cas d'une pompe à chaleur air extrait/air neuf classique). Dans ce cas de figure, l'outil n'affiche pas les données de sortie, le message d'erreur suivant est affiché : « /!\ : Le présent outil n'est pas nécessaire en l'absence d'échangeur ou de débits de recyclage de part et d'autre de la pompe à chaleur. »

16.18.6.3.1 Mode chauffage

1^{ère} étape : calcul des performances de la pompe à chaleur sans l'impact de l'échangeur

Pour $\theta_{rep} = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_{an} = -15, -7, 2, 7$ et 20°C , ainsi que pour θ_{an_min} , on calcule l'ensemble des variables intermédiaires suivantes :

$$qm\_rep_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = Q_{rep} \times \text{Rho\_ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{rep})$$

$$qm\_souf_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = Q_{souf} \times \text{Rho\_ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{an}) \quad (3269)$$

$$qm\_recycle\_rep_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = Q_{rep} \times \text{Rho\_ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{an})$$

$$qm\_recycle\_souf_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = Q_{souf} \times \text{Rho\_ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{rep}) \quad (3270)$$

$$\theta_{av} = \frac{q_{m\_souf} \times (\theta_{an} + \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})) + q_{m\_recycle\_souf} \times \theta_{rep}}{q_{m\_souf} + q_{m\_recycle\_souf}} + \frac{3600 \times W_{souf}}{\rho_{ref} \times C_p \times (q_{m\_souf} + q_{m\_recycle\_souf})}$$

(3271)

$$\theta_{am} = \frac{q_{m\_rep} \times (\theta_{rep} - \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})) + q_{m\_recycle\_rep} \times \theta_{an}}{q_{m\_rep} + q_{m\_recycle\_rep}} + \frac{3600 \times W_{rep}}{\rho_{ref} \times C_p \times (q_{m\_rep} + q_{m\_recycle\_rep})}$$

Pour les couples de températures pour lesquels on a mesuré les performances en chauffage au cours des essais ($\theta_{rep} = 20^\circ\text{C}$, $\theta_{an} = 7^\circ\text{C}$ et éventuellement 2°C , -7°C), on détermine les performances du DF Th hors impact de l'échangeur :

Si les performances ont été déterminées selon la NF EN 13141-7

$$P_{foutot} = COP \times P_{abs}$$

$$P_{foue ch} = \frac{1}{1000 \times 3600} \times q_{m\_souf} \times C_p \times \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})$$

(3272)

$$COP_{sans\_échangeur} = \frac{P_{foutot} - P_{foue ch}}{P_{abs}}$$

(3273)

Par ailleurs, la température d'air neuf minimale de fonctionnement du système ramenée à la température amont de la pompe à chaleur est la suivant :

$$\theta_{min\_am} = \theta_{am_{20 / \theta_{an\_min}}}$$

(3274)

2^{ème} étape : construction de matrices de performances intermédiaires de COP et de P_{abs}

On souhaite dans cette seconde étape construire des matrices de performances complètes aux différents points de fonctionnement introduits ci-dessus.

La construction de cette matrice s'inspire de la méthode Th-BCE, paragraphe 8.23.3.7 On utilise les relations linéaires permettant de connaître le COP et la puissance absorbée en tout point de la matrice (coefficients C_{nav_Cop}, C_{nam_Cop}, C_{nav_Pabs} et C_{nam_Pabs}) pour une pompe à chaleur air extérieur/air recyclé.

$$\frac{COP_{\theta_{ram} / \theta_{av}}}{COP_{\theta_{ram} / \theta_{av_{20 / 7}}}} = \frac{-0.020 \times \theta_{av} + 0.14}{-0.020 \times \theta_{av_{20 / 7}} + 0.14}$$

(3275)

$$\frac{COP_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{COP_{\theta_{am} 20 / 7 / \theta_{av}}} = \frac{0.026 \times \theta_{am} + 0.76}{0.026 \times \theta_{am} - 20 / 7 + 0.76}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av} 20 / 7}} = \frac{-0.010 \times \theta_{av} + 1.2}{-0.010 \times \theta_{av} - 20 / 7 + 1.2}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} 20 / 7 / \theta_{av}}} = \frac{-0.001 \times \theta_{am} + 0.93}{-0.001 \times \theta_{am} - 20 / 7 + 0.93}$$

(3276)

Afin de valoriser les valeurs de COP/Pabs facultatives, la construction des matrices a lieu de la manière suivante :

θ_{rep}		20°C				
θ_{an}	$\theta_{av} \backslash \theta_{am}$	$\theta_{am} 20/-15$	$\theta_{am} 20/-7$	$\theta_{am} 20/2$	$\theta_{am} 20/7$	$\theta_{am} 20/20$
-15°C	$\theta_{av} 20/-15$	←	↑	↑	↑	→
-7°C	$\theta_{av} 20/-7$	←	Facultatif	↑	↑	→
2°C	$\theta_{av} 20/2$	←	←	Facultatif	↑	→
7°C	$\theta_{av} 20/7$	←	←	←	Obligatoire	→
20°C	$\theta_{av} 20/20$	←	←	←	↓	→

3^{ème} étape : transformation des matrices obtenues vers les matrices définitives attendues par la méthode Th-BCE

A ce stade, on dispose de matrices qui décrivent bien les performances de la pompe à chaleur prise séparément du système DF Th... seulement les entrées de la matrice (θ_{av} et θ_{am} correspondant aux lignes et colonnes) ne sont pas celles attendues par la description des performances dans la méthode Th-BCE.

Pour cette raison, on utilise l'algorithme de calcul de COP et de Pabs à pleine charge à des températures aval/amont quelconques de la méthode Th-BCE (paragraphe 8.23.3.7) pour remonter aux valeurs souhaitées.

On peut ainsi remplir complètement les matrices d'une PAC air extérieur/air recyclé utilisable dans le moteur de calcul règlementaire.

Pour rappel, ces matrices ont les entrées imposées suivantes :

COP -			$\theta_{am}(^{\circ}\text{C})$				
			-15.0	-7.0	2.0	7.0	20.0
Priorité			5	2	3	1	4
$\theta_{av}(^{\circ}\text{C})$	5.0	5					
	10.0	4					
	15.0	2					
	20.0	1					
	25.0	3					

Pabs kW			$\theta_{am}(^{\circ}\text{C})$				
			-15.0	-7.0	2.0	7.0	20.0
Priorité			5	2	3	1	4
$\theta_{av}(^{\circ}\text{C})$	5.0	5					
	10.0	4					
	15.0	2					
	20.0	1					
	25.0	3					

16.18.6.3.2 Mode refroidissement

1^{ère} étape : calcul des performances de la pompe à chaleur sans l'impact de l'échangeur

Pour $\theta_{rep} = 27^{\circ}\text{C}$ et $\theta_{an} = 5, 15, 25, 35$ et 45°C , on calcule l'ensemble des variables intermédiaires évoquées au 16.18.6.3.1. Les relations sont identiques.

Pour le couple de températures pour lequel on a mesuré les performances en refroidissement au cours des essais ($\theta_{rep} = 27^{\circ}\text{C}$, $\theta_{an} = 35^{\circ}\text{C}$), on détermine les performances du DF Th hors impact de l'échangeur :

Si les performances ont été déterminées selon la NF EN 13141-7

$$P_{foutot} \theta_{rep} / \theta_{an} = EER \theta_{rep} / \theta_{an} \times P_{abs} \theta_{rep} / \theta_{an}$$

$$P_{fouech} \theta_{rep} / \theta_{an} = - \frac{1}{1000 \times 3600} \times qm_{souf} \times C_p \times \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an}) \quad (3277)$$

$$EER \text{ _ sans _ échangeur } \theta_{rep} / \theta_{an} = \frac{P_{foutot} \theta_{rep} / \theta_{an} - P_{fouech} \theta_{rep} / \theta_{an}}{P_{abs} \theta_{rep} / \theta_{an}} \quad (3278)$$

2^{ème} étape : construction de matrices de performances intermédiaires de COP et de Pabs

On souhaite dans cette seconde étape construire des matrices de performances complètes aux différents points de fonctionnement introduits ci-dessus.

La construction de cette matrice s'inspire de la méthode Th-BCE, paragraphe 8.23.3.7 On utilise les relations linéaires permettant de connaître le EER et la puissance absorbée en tout point de la matrice (coefficients Cnnav_EER, Cnnam_EER, Cnnav_Pabs et Cnnam_Pabs) pour une pompe à chaleur air extrait/air neuf.

$$\frac{EER \theta_{ram} / \theta_{av}}{EER \theta_{ram} / \theta_{av_{27/35}}} = \frac{0.012 \times \theta_{av} + 0.62}{0.012 \times \theta_{av_{20/7}} + 0.62}$$

$$\frac{EER \theta_{am} / \theta_{av}}{EER \theta_{am_{27/35}} / \theta_{av}} = \frac{-0.018 \times \theta_{am} + 1.5}{-0.018 \times \theta_{am_{20/7}} + 1.5} \quad (3279)$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av} 27 / 35}} = \frac{0.012 \times \theta_{av} + 0.62}{0.012 \times \theta_{av} 20 / 7 + 0.62}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} 27 / 35 / \theta_{av}}} = \frac{-0.010 \times \theta_{am} + 1.27}{-0.010 \times \theta_{am} 20 / 7 + 1.27}$$

(3280)

La construction des matrices a lieu de la même manière qu'en chauffage :

θ_{rep}		27°C				
θ_{an}	$\theta_{av} \backslash \theta_{am}$	$\theta_{am} 27/5$	$\theta_{am} 27/15$	$\theta_{am} 27/25$	$\theta_{am} 27/35$	$\theta_{am} 27/45$
5°C	$\theta_{av} 27/5$	←	←	←	←	←
15°C	$\theta_{av} 27/15$	←	←	←	←	←
25°C	$\theta_{av} 27/25$	←	←	←	←	←
35°C	$\theta_{av} 27/35$	←	←	←	Obligatoire	←
45°C	$\theta_{av} 27/45$	←	←	←	←	←

3^{ème} étape : transformation des matrices obtenues vers les matrices définitives attendues par la méthode Th-BCE

La procédure est la même qu'en chauffage.

Pour rappel, les matrices pour un refroidisseur air extrait/air neuf ont les entrées imposées suivantes :

EER			$\theta_{am} (°C)$			
			22.0	27.0	32.0	37.0
Priorité			3	1	2	4
$\theta_{av} (°C)$	5.0	5				
	15.0	4				
	25.0	2				
	35.0	1				
	45.0	3				
Pabs kW			$\theta_{am} (°C)$			
			22.0	27.0	32.0	37.0
Priorité			3	1	2	4
$\theta_{av} (°C)$	5.0	5				
	15.0	4				
	25.0	2				
	35.0	1				
	45.0	3				

16.19 C_GEN_GECO_PKOM⁴ Classic

16.19.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système PKOM⁴ Classic dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Le système PKOM⁴ Classic est une ventilation double-flux thermodynamique assurant, en plus de la ventilation, le chauffage et le refroidissement par l'intermédiaire d'une PAC Air extrait/Air neuf ainsi que la production de l'ECS par l'intermédiaire d'une PAC Air extrait/Eau. Lors de besoins simultanés d'ECS et de froid, une récupération totale de la chaleur de condensation est réalisée.

Ce système se compose des éléments suivants :

- Des ventilateurs de soufflage et de reprise ;
- Des gaines aérauliques, bouches de soufflage et reprise associées ;
- Un récupérateur passif (échangeur statique à contre-courant) équipé d'une fonction by-pass ;
- Un récupérateur actif de type PAC à compression électrique Air extrait/Air neuf réversible pour assurer la production de chauffage et de refroidissement,
- Un récupérateur actif de type PAC à compression électrique Air extrait/Eau pour assurer la production de l'ECS ;
- D'organes permettant la variation de débits afin d'augmenter la puissance de chauffage et de refroidissement par le vecteur air ;
- D'organes permettant l'adjonction à l'air extrait d'un débit additionnel d'air extérieur afin d'augmenter la puissance disponible en production d'ECS,
- Un ballon de stockage intégrant une résistance électrique d'appoint.

16.19.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend aux bâtiments climatisés de catégorie CE1 de types maisons individuelles, accolées ou non, et bâtiments collectifs à usage d'habitation soumis à la RE2020.

16.19.3 NOMENCLATURE

Le Tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du module					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h	-	-	-
θ_{aval}	Température de la source aval pour chaque poste (Chauffage, refroidissement, ECS)	°C	-	-	-
θ_{amont}	Température de la source amont	°C	-	-	-
θ_{air_mel}	Température du mélange d'air	°C	-	-	-
$id_{fonction}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS	Ent.	1	3	-
Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	Wh	-	-	-
R_{puis_dispo}	Ratio de puissance disponible	Réel	0	1	-
id_{ECS_seule}	Indicateur de production d'ECS seule	Bool.	0	1	-
T_e	Température extérieure d'air sec	°C	-	-	-
ρ_{ext}	Masse volumique de l'air extérieur	kg/m ³	-	-	-
$Q_{m\_air\_extrait}$	Débit massique d'air extrait	kg/s	-	-	-

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Name	Nom de l'objet	-	-	-	-
Id_Source_Amont	Identifiant de la source amont	Ent.	1	$+\infty$	-
Statut_Donnee_ch	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées en Chauffage	Ent.	1	2	-
Performance_ch	Matrice des performances en chauffage (COP)	Réel	0	$+\infty$	-
P_abs_Ch	Matrice des puissances absorbées à pleine charge en chauffage	kW	0	$+\infty$	-
COR_Ch	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2) en chauffage	Ent.	0	2	-
Statut_Val_Pivot_ch	Statut de la valeur pivot en chauffage	Ent.	0	2	-
Val_Cop_Ch	Valeur pivot déclarée de la performance (COP) en chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	0	$+\infty$	-

Val_Pabs_Ch	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée en chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	0	+∞	-
Lim_Theta_Ch	Arrêt de la PAC dû aux limites des températures des sources en Chauffage ou ECS	Ent.	0	2	-
Theta_Max_Av_Ch	Température maximale aval au-delà de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner en Chauffage ou ECS	°C	0	+∞	-
Theta_Min_Am_Ch	Température minimale amont en-dessous de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner en Chauffage ou ECS	°C	-∞	+∞	-
Statut_Fonct_Part_Ch	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	0	2	-
Fonctionnement_Compresseur_Ch	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	1	2	-
Statut_Fonctionnement_Continu_Ch	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	0	2	-
LRcontmin_Ch	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	0	1	-
CCP_LRcontmin_Ch	Correction de performance en fonction de la charge à LRcontmin	Réel	0	2	-
Statut_Taux_Ch	Statut du Taux en Chauffage	Ent.	0	2	-
Taux_Ch	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale en Chauffage	Réel	0	1	-
Qv_Air_evap_tot_Ecs	Débit volumique total d'air traversant l'évaporateur en mode ECS	m3/h	0	+∞	-
Statut_Donnee_Ecs	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées en ECS	Ent.	1	2	-
Theta_Aval_Ecs	Valeurs des températures aval fonctionnement ECS	Ent.	0	7	-
Theta_Amont_Ecs	Valeurs des températures amont en fonctionnement ECS	Ent.	0	5	-
Performance_Ecs	Matrice des performances en ECS (COP)	Réel	0	+∞	-
Pabs_Ecs	Matrice des puissances absorbées à pleine charge en ECS	kW	0	+∞	-
COR_Ecs	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2) en ECS	Ent.	0	2	-
Statut_Val_Pivot_Ecs	Statut de la valeur pivot en ECS :	Ent.	0	2	-
Val_Cop_Ecs	Valeur pivot déclarée de la performance (COP) en ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	0	+∞	-

Val_Pabs_Ecs	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée en ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	0	$+\infty$	-
Statut_Fonct_Part_Ecs	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	0	2	-
Fonctionnement_Compresseur_Ecs	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	1	2	-
Statut_Fonctionnement_Continu_Ecs	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	0	2	-
LRcontmin_Ecs	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	0	1	-
CCP_LRcontmin_Ecs	Correction de performance en fonction de la charge à LRcontmin	Réel	0	2	-
Statut_Donnee_Fr	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées en refroidissement	Ent.	1	2	-
Performance_Fr	Matrice des performances en refroidissement (EER)	Réel	0	$+\infty$	-
Pabs_Fr	Matrice des puissances absorbées à pleine charge en refroidissement	kW	0	$+\infty$	-
COR_Fr	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2) en refroidissement	Ent.	0	2	-
Statut_Val_Pivot_Fr	Statut de la valeur pivot en refroidissement	Ent.	0	2	-
Val_Cop_Fr	Valeur pivot déclarée de la performance (EER) en refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_Fr	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée en refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	0	$+\infty$	-
Lim_Theta_Fr	Arrêt de la PAC dû aux limites des températures des sources en refroidissement	Ent.	0	2	-
Theta_Min_Av_Fr	Température minimale aval en mode froid en-dessous de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Theta_Max_Am_Fr	Température maximale amont en mode froid au-dessus de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner	°C	0	$+\infty$	-
Statut_Fonct_Part_Fr	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	0	2	-
Fonctionnement_Compresseur_Fr	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	1	2	-
Statut_Fonctionnement_Continu_Fr	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	0	2	-
LRcontmin_Fr	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	0	1	-

CCP_LR_{contmin_Fr}Correction de performance en
fonction de la charge à LR_{contmin}

Réel

0

2

-

Sorties

Nom	Description	Unité		
Q_{fou}	énergie totale effectivement fournie par les générateurs de base et d'appoint.	Wh	0	$+\infty$
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$
Q_{rest}	énergie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	$+\infty$
$\{Q_{\text{cef}}(\text{fonct.}; \text{en.})\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	0	$+\infty$
Φ_{rejet}	énergie rejetée par le générateur	Wh	0	$+\infty$
T_{charge}	Taux de charge du générateur	Réel	0	1
$W_{\text{aux\_pro}}$	Consommation des auxiliaires du générateur	Wh	0	$+\infty$
$Q_{\text{pr\_elec}}$	Production électrique du générateur	Wh	0	$+\infty$

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\text{ValCOP}(\theta_{\text{amont}} ; \theta_{\text{aval}})$	Méthode d'interpolation du COP au couple $\theta_{\text{amont}} / \theta_{\text{aval}}$	-	-	-	
$\text{ValEER}(\theta_{\text{amont}} ; \theta_{\text{aval}})$	Méthode d'interpolation de l'EER au couple $\theta_{\text{amont}} / \theta_{\text{aval}}$	-	-	-	
$\text{ValPabs}(\theta_{\text{amont}} ; \theta_{\text{aval}})$	Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{\text{amont}} / \theta_{\text{aval}}$	-	-	-	
LR	Taux de charge du générateur	Réel	0	1	
$Q_{\text{req\_act}}$	énergie requise par générateur pour la fonction sollicité (ECS/CH/FR)	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{\text{rest\_act}}$	énergie restant à fournir par générateur pour la fonction sollicité (ECS/CH/FR)	Wh	0	$+\infty$	
RECS-REF	Délai de basculement entre la fonction ECS et refroidissement	min	0	$+\infty$	0
Rdim	Nombre de générateurs identiques	Ent.	1	$+\infty$	-
Idpriorite_Ch	Indice de priorité en Chauffage	Ent.	1	$+\infty$	1
Idpriorite_Ecs	Indice de priorité en ECS	Ent.	1	$+\infty$	1
Idpriorite_Fr	Indice de priorité en refroidissement	Ent.	1	$+\infty$	1

Typo_Emetteur_Ch	Typologies du système d'émission pour le chauffage	Ent.	1	4	-
Typo_Emetteur_Fr	Typologies du système d'émission pour le refroidissement	Ent.	1	4	-
pair_extrait	Masse volumique de l'air extrait	Kg/m ³			
Qv_air_exterieur_add	Débit volumique additionnel d'air extérieur	m ³ /h	0	+∞	-
Qm_air_exterieur_add	Débit massique additionnel d'air extérieur	kg/s	0	+∞	-
Qm_air_mel	Débit massique d'air après mélange	kg/s	0	+∞	-
θamont	Température d'air après mélange	°C	-	-	-
Φrejet_exp_ECS	Rejet exploitable en froid lié à la production de l'ECS	Wh	0	+∞	-
Ret ^{gnr}	Rendement de récupération du rejet en chaud des générateurs de type thermofrigopompes	Réel	0	1	0,6
Qfou_rejet_ECS	Energie fournie par le rejet ECS	Wh	0	+∞	-
Qreq_corr_Fr	Energie requise en froid corrigée du rejet exploitable lié à la production de l'ECS	Wh	0	+∞	-
Constantes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Tableau 403 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.19.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.19.4.1 Modélisation de l'assemblage thermodynamique

L'assemblage est modélisé en s'appuyant sur la méthode de calcul Th-BCE 2020 pour la modélisation des générations de chauffage et de refroidissement et d'une production d'ECS par générateur thermodynamique électrique.

La méthode de calcul est adaptée de manière à prendre en compte les spécificités du système PKOM⁴ Classic, notamment celles liées au principe de fonctionnement en mode récupération d'énergie lors de besoins simultanés d'ECS et de froid ainsi que l'adjonction d'un débit d'air extérieur additionnel lors d'un fonctionnement en ECS seule.

Les différentes générations de l'assemblage sont modélisées en reprenant les algorithmes relatifs aux générateurs thermodynamiques électriques du chapitre « 8.23³⁴ » et sont décrites ci-dessous :

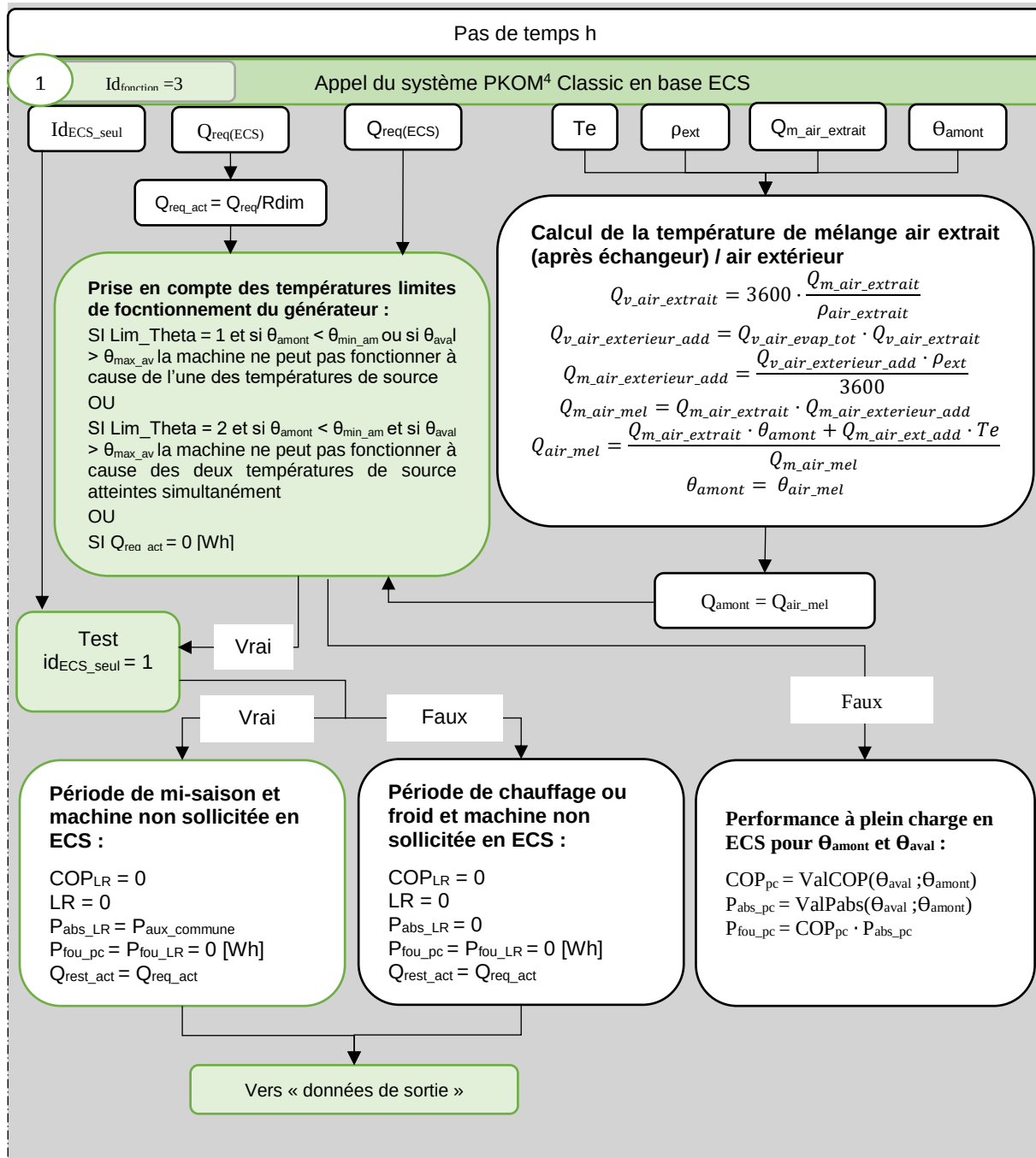
- Production d'ECS modélisée en se référant aux chapitres « 8.23.3.4 Création des matrices de performance à pleine charge en mode production ECS », et « 8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle », de la méthode Th-BCE 2020;
- Génération de chauffage modélisée en se référant aux paragraphes « 8.23.3.3 Création des matrices de performance à pleine charge en mode chauffage », et « 8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle », de la méthode Th-BCE 2020;
- Génération de refroidissement modélisée référer aux paragraphes « 8.23.3.5 Création des matrices de performance à pleine charge en mode refroidissement », et « 8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle », de la méthode Th-BCE 2020.

La méthode de calcul pour les systèmes de ventilation double-flux thermodynamique (DFTh), qui fait l'objet d'un chapitre spécifique dans la méthode de calcul Th-BCE 2020, doit être appliquée dans le cas d'une « Configuration B » pour :

- La modélisation de la fonction ventilation double-flux du système,
- L'obtention des performances en chauffage et refroidissement (COP ou EER et Pabs) par l'intermédiaire de l'outil de conversion des résultats d'essais selon la norme EN 13141-7.

³⁴Méthode de calcul Th-BCE 2020, annexe III de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R 172-6 du code de la construction et de l'habitation : <http://www.rt-batiment.fr/textes-reglementaires-a617.html>.

16.19.4.1.1.1 Performances à pleine charge en ECS



16.19.4.1.1.2 Format de matrice de performance

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

La matrice de performances de la PAC air extérieur / eau en mode ECS est la suivante.

		Θamont (air extérieur)				
	Θamont >	- 7	2	7	20	35
Θaval	Priorité	4	2	1	3	5
5	7					
15	5					
25	3					
35	2					
45	1			Pivot		
55	4					
65	6					

Tableau 404 – Matrice de performance de la PAC air extérieur / eau en mode ECS.

La valeur pivot à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 7 \text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 45 \text{ °C}$;

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres M_θ_Aval_Ecs et M_θ_Amont_Ecs, qui sont définis dans le tableau ci-dessous :

Températures aval : M_θ_Aval_Ecs
1 : 45°C
2 : 45°C, 35 °C,
3 : 45°C, 35 °C, 25 °C,
4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,
5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,
6 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C,
7 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C

Températures amont : M_θ_Amont_Ecs
1 : 7 °C
2 : 7 °C, 2 °C
3 : 7 °C, 2 °C, 20 °C
4 : 7 °C, 2 °C, 20 °C, -7 °C
5 : 7 °C, 2 °C, 20 °C, -7 °C, 35 °C

Tableau 405 – Ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur / eau (ECS).

16.19.4.1.1.3 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Pour chaque valeur de la matrice {Performance_Ecs(i ;j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_Ecs = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 1,$

$COP_{util}(i, j) = performance\_Ecs(i, j)$

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 2,$

$COP_{util}(i, j) = performance\_Ecs(i, j) \times 0,9$

Si Statut_données_PC_Ecs = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées) (3281)

Si Statut_val_pivot_Ecs = 1 (valeur de COP pivot déclarée)

$COP_{util}(5,3) = MIN(0,8 \times Val\_COP\_Ecs ; Val\_util\_max)$

Si Statut_val_pivot_Ecs = 2 (valeur de COP pivot par défaut)

$COP_{util}(5,3) = 0,8 \times Val\_util\_max$

16.19.4.1.1.4 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnam\_COP(2,7) = 0.80$
$Cnnav\_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnam\_COP(20,7) = 1.25$
$Cnnav\_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnam\_COP(-7,7) = 0.50$
$Cnnav\_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnam\_COP(35,7) = 1.50$
$Cnnav\_COP(65,45) = 0.6$	
$Cnnav\_COP(5,45) = 1.8$	

Tableau 406 – PAC air extérieur/eau (ECS), coefficients Cnn pour le COP.

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{COP_{util}(1,3)\} = 0$

$\{COP_{util}(1,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav\_COP(5, 45)$

si $\{COP_{util}(2,3)\} = 0$

$\{COP_{util}(2,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav\_COP(15, 45)$

si $\{COP_{util}(3,3)\} = 0$

$\{COP_{util}(3,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav\_COP(25, 45)$

si $\{COP_{util}(4,3)\} = 0$

$\{COP_{util}(4,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav\_COP(35, 45)$

si $\{COP_{util}(6,3)\} = 0$

$\{COP_{util}(6,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav\_COP(55, 45)$

si $\{COP_{util}(7,3)\} = 0$

$\{COP_{util}(7,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav\_COP(65, 45)$

(3282)

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N0aval

si {COP_util(i,1)} = 0
 {COP_util(i,1)} = {COP_util(i,3)} × Cnnam_COP(- 7, 7)
 si {COP_util(i,2)} = 0
 {COP_util(i,2)} = {COP_util(i,3)} × Cnnam_COP(2, 7)
 si {COP_util(i,4)} = 0
 {COP_util(i,4)} = {COP_util(i,3)} × Cnnam_COP(20, 7)
 si {COP_util(i,5)} = 0
 {COP_util(i,5)} = {COP_util(i,3)} × Cnnam COP(35, 7)

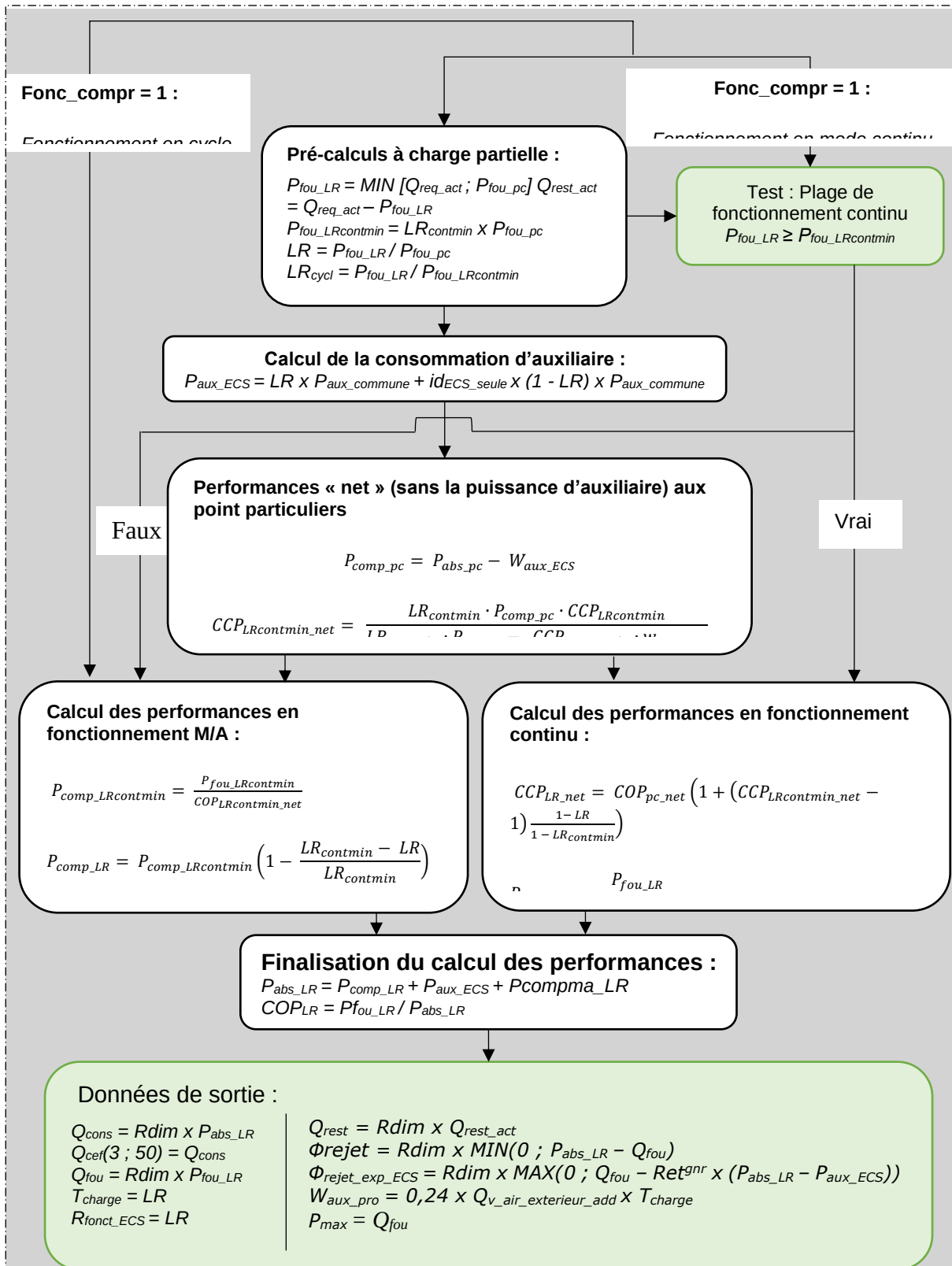
(3283)

Pour les puissances absorbées (matrice {Pabs(i,j)}), la procédure est identique à celle de {COP_util(i,j)} décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

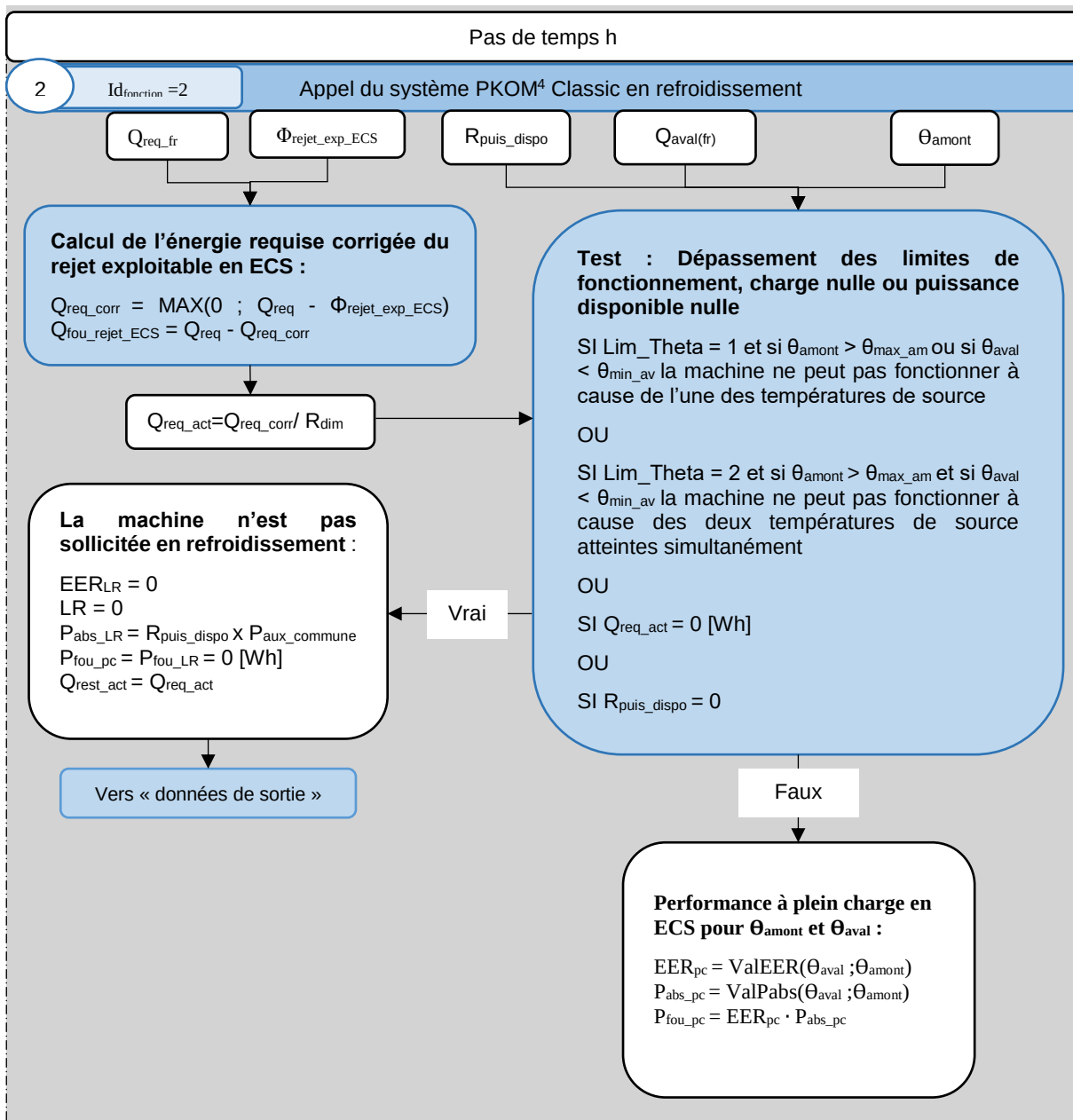
Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs(35,45) = 1.10	Cnnam_Pabs(2, 7) = 0.95
Cnnav_Pabs(25,45) = 1.20	Cnnam_Pabs(20, 7)=1.13
Cnnav_Pabs(55,45) = 0.90	Cnnam_Pabs(-7, 7)= 0.86
Cnnav_Pabs(15,45) = 1.30	Cnnam_Pabs(35, 7)= 1.28
Cnnav_Pabs(65,45) = 0.80	
Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40	

Tableau 407 – PAC air extérieur/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs.

16.19.4.1.1.5 Performances à charge partielle ou nulle



16.19.4.1.2 Fonctionnement en mode refroidissement ($id_{fonction} = 2$)



16.19.4.1.2.1 Format de matrice de performance

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 2,7

La matrice de performances de la PAC air extérieur / eau en mode refroidissement est la suivante.

				Θamont (air extérieur)				
Θdépart (eau)			Θamont	5	15	25	35	45
Θdépart	Θretour	Θaval	Priorité	4	3	2	1	5
1,5	6,5	4	5					
7	12	9,5	1				Pivot	
12,5	17,5	15	3					
18	23	20,5	2					
23,5	28,5	26	4					

Tableau 408 : Matrice de performance du refroidisseur air extérieur / eau

La valeur pivot à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 35\text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 9.5\text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres M_θ_Aval_Fr et M_θ_Amont_Fr, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : M_θ_Aval_Fr	Températures amont : M_θ_Amont_Fr
1 : 9.5 °C	1 : 35 °C
2 : 9.5°C, 20.5°C,	2 : 25 °C, 35 °C
3 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C	3 : 15 °C, 25 °C, 35 °C
4 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	4 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C
5 : 4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	5 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C

Tableau 409 – Ordre de saisie des températures aval et amont du refroidisseur air extérieur / eau.

16.19.4.1.2.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Pour chaque valeur de la matrice {Performance_fr(i ;j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_Fr = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 1,$

$COP_{util}(i, j) = performance\_Fr(i, j)$

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 2,$

$COP_{util}(i, j) = performance\_Fr(i, j) \times 0,9$

Si Statut_données_PC_Fr = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées) (3284)

Si Statut_val_pivot_Fr = 1 (valeur de COP pivot déclarée)

$COP_{util}(2,4) = MIN(0,8 \times Val\_COP\_Fr ; Val\_util\_max)$

Si Statut_val_pivot_Fr = 2 (valeur de COP pivot par défaut)

$COP_{util}(2,4) = 0,8 \times Val\_util\_max$

16.19.4.1.2.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_EER(20,5, 9,5) = 1.15$	$Cnnam\_EER(25, 35) = 1.2$
$Cnnav\_EER(15, 9,5) = 1.075$	$Cnnam\_EER(15, 35) = 1.4$
$Cnnav\_EER(26, 9,5) = 1.225$	$Cnnam\_EER(5, 35)=1.6$
$Cnnav\_EER(4, 9,5) = 0.9$	$Cnnam\_EER(45, 35)= 0.8$

Tableau 410 – Refroidisseur air extérieur/eau, coefficients Cnn pour l'EER.

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

– La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{EER\_util(1,4)\} = 0$

$\{EER\_util(1,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(4, 9,5)$

si $\{EER\_util(3,4)\} = 0$

$\{EER\_util(3,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(15, 9,5)$ (3285)

si $\{EER\_util(4,4)\} = 0$

$\{EER\_util(4,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(20,5, 9,5)$

si $\{EER\_util(5,4)\} = 0$

$\{EER\_util(5,4)\} = \{EER\_util(2,4)\} \times Cnnav\_EER(26, 9,5)$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :
Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N0aval

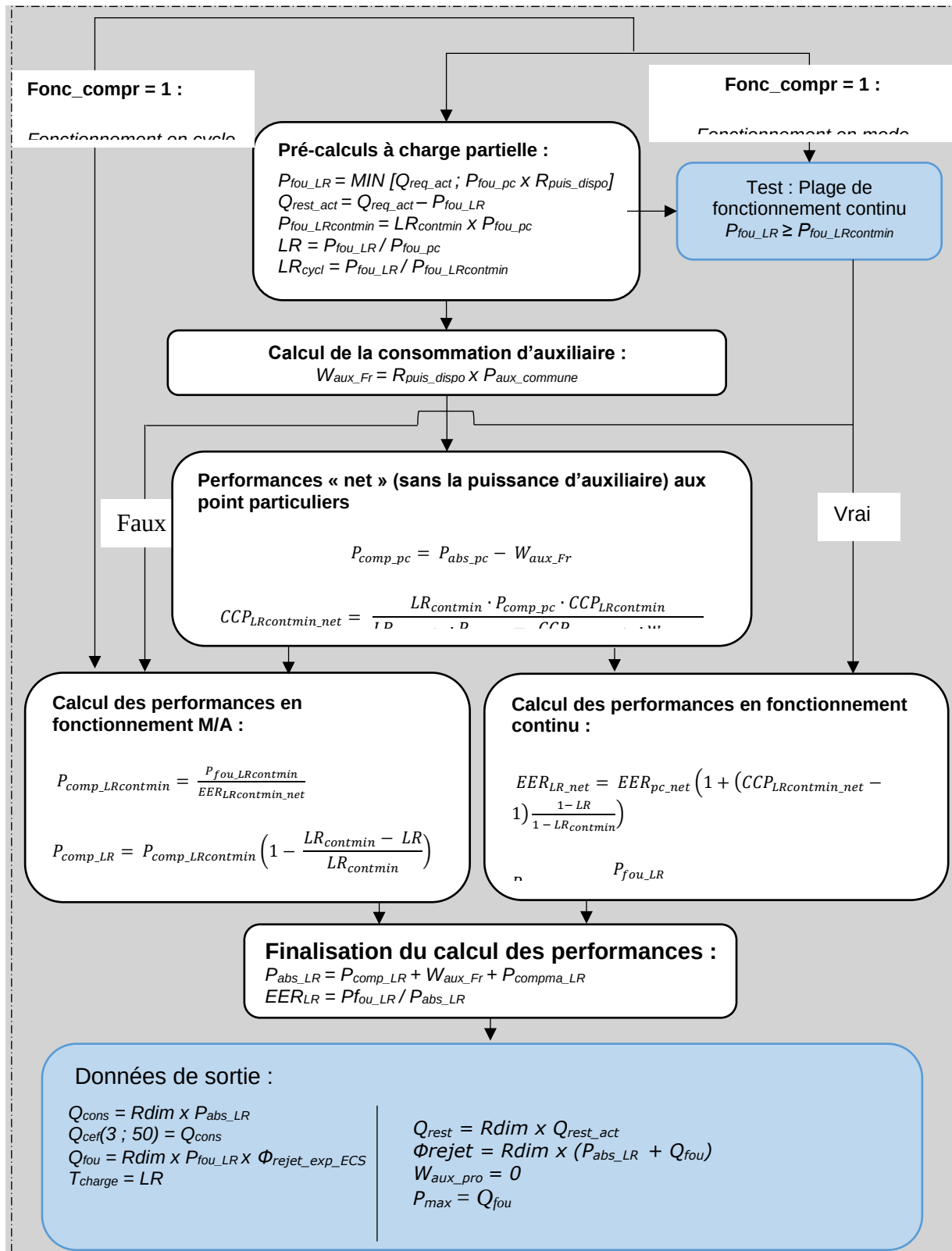
$$\begin{aligned}
&\text{si } \{EER\_util(i,2)\} = 0 \\
&\quad \{EER\_util(i,2)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnav\_EER(15, 35) \\
&\text{si } \{EER\_util(i,3)\} = 0 \\
&\quad \{EER\_util(i,3)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnav\_EER(25, 35) \\
&\text{si } \{EER\_util(i,5)\} = 0 \\
&\quad \{EER\_util(i,5)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnav\_EER(45, 35) \\
&\text{si } \{EER\_util(i,1)\} = 0 \\
&\quad \{EER\_util(i,1)\} = \{EER\_util(i,4)\} \times Cnnav\_EER(5, 35)
\end{aligned}
\tag{3286}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

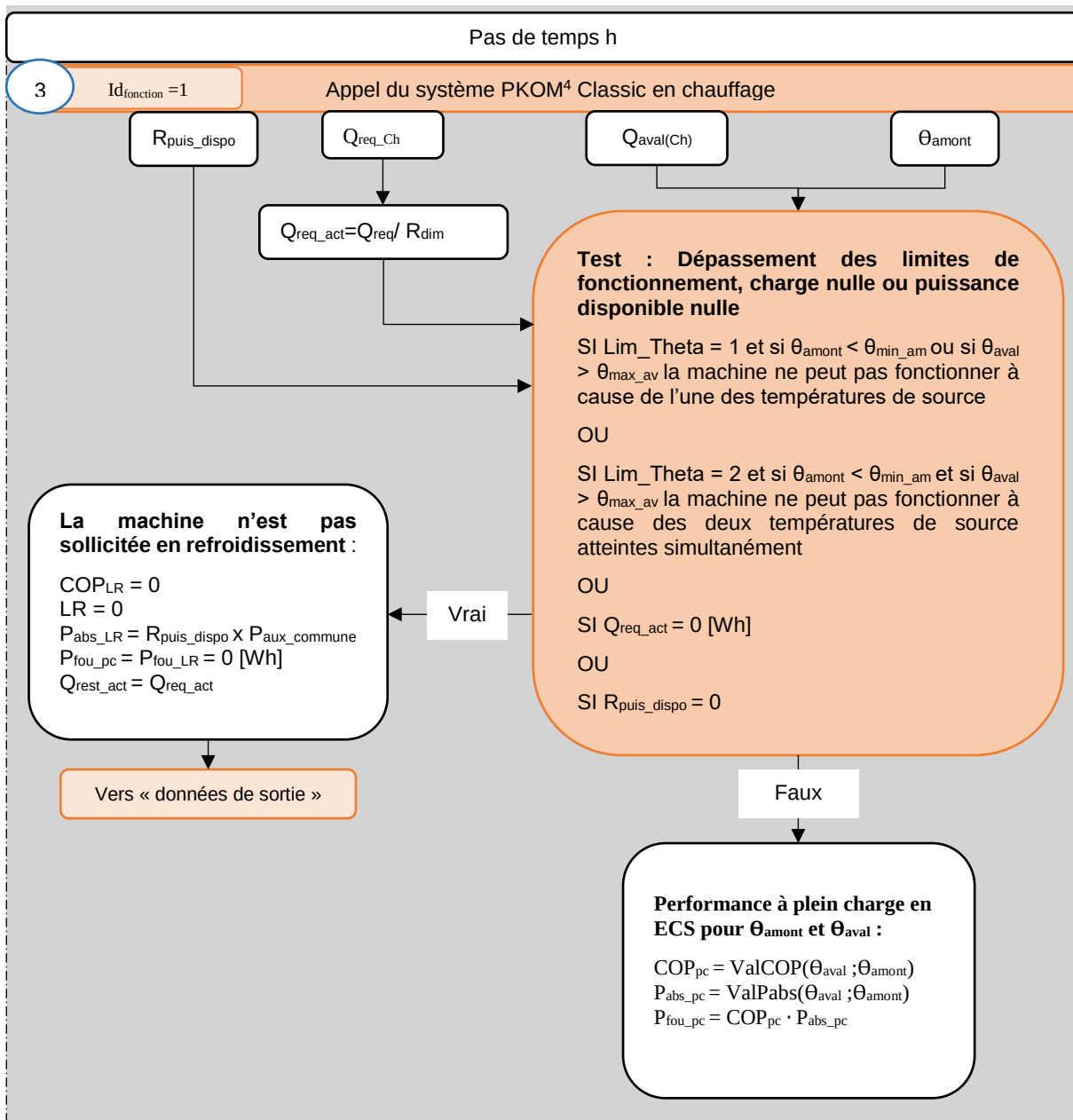
Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(20.5, 9.5) = 1.11$	$Cnnav\_Pabs(25, 35) = 1.1$
$Cnnav\_Pabs(15, 9.5) = 1.055$	$Cnnav\_Pabs(15, 35) = 1.2$
$Cnnav\_Pabs(26, 9.5) = 1.165$	$Cnnav\_Pabs(5, 35)=1.3$
$Cnnav\_Pabs(4, 9.5) = 0.945$	$Cnnav\_Pabs(45, 35)= 0.9$

Tableau 411 – Refroidisseur air extérieur/eau, coefficients Cnn pour Pabs.

16.19.4.1.2.4 Performances à charge partielle ou nulle



16.19.4.1.3.1 Performances à pleine charge en chauffage



16.19.4.1.3.2 Format de matrice de performance

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: air;

Val_util_max = 3,5

La matrice de performances de la PAC air extérieur / eau en mode chauffage est la suivante.

				Θamont (air extérieur)				
			Θamont >	-15	-7	2	7	20
Θdépart	Θretour	Θaval	Priorité	5	2	3	1	4
25	22	23,5	4					
35	30	32,5	1				Pivot	
45	40	42,5	2					
55	47	51	3					
65	55	60	5					

Tableau 412 – Matrice de performance de la PAC air extérieur / eau (chauffage).

La valeur pivot à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour Θamont = 7 °C ; Θaval = 32.5 °C.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres M_θ_Aval_Ch et M_θ_Amont_Ch, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : M_θ_Aval_Ch	Températures amont : M_θ_Amont_Ch
1 : 32.5°C	1 : 7 °C
2 : 32.5°C et 42.5°C	2 : - 7 °C, 7 °C
3 : 32.5°C, 42.5°C, 51°C	3 : -7°C, 2°C, 7°C
4 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	4 : -7°C, 2°C; 7°C, 20°C
5 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	5 : -15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 413 – ordre de saisie des températures aval et amont de la PAC air extérieur / eau (Chauffage).

16.19.4.1.3.3 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Pour chaque valeur de la matrice {Performance_Ch(i ;j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_Ch = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

(3287)

$\forall i, j \rightarrow \text{si } \text{COR}(i, j) = 1,$

$\text{COP}_{\text{util}}(i, j) = \text{performance\_Ch}(i, j)$

$\forall i, j \rightarrow \text{si } \text{COR}(i, j) = 2,$

$\text{COP}_{\text{util}}(i, j) = \text{performance\_Ch}(i, j) \times 0,9$

Si Statut_données_PC_Ch = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées)

Si Statut_val_pivot_Ch = 1 (valeur de COP pivot déclarée)

$\text{COP}_{\text{util}}(2,4) = \text{MIN}(0,8 \times \text{Val\_COP\_Ch} ; \text{Val\_util\_max})$

Si Statut_val_pivot_Ch = 2 (valeur de COP pivot par défaut)

$\text{COP}_{\text{util}}(2,4) = 0,8 \times \text{Val\_util\_max}$

16.19.4.1.3.4 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non-certifiés et non-justifiés sont calculés par défaut à partir des coefficients suivants :

— si la puissance nominale à 7°C est inférieure à 100kW

Températures aval	Températures amont
$\text{Cnnav\_COP}(42,5, 32,5) = 0,8$	$\text{Cnnam\_COP}(-7, 7) = 0,50$
$\text{Cnnav\_COP}(51, 42,5) = 0,8$	$\text{Cnnam\_COP}(2, 7) = 0,80$
$\text{Cnnav\_COP}(23,5, 32,5) = 1,10$	$\text{Cnnam\_COP}(20, 7) = 1,25$
$\text{Cnnav\_COP}(60, 51) = 0,8$	$\text{Cnnam\_COP}(-15, -7) = 0,80$

— si la puissance nominale à 7°C est supérieure à 100kW

Températures aval	Températures amont
$\text{Cnnav\_COP}(42,5, 32,5) = 0,8$	$\text{Cnnam\_COP}(-7, 7) = 0,60$
$\text{Cnnav\_COP}(51, 42,5) = 0,8$	$\text{Cnnam\_COP}(2, 7) = 0,80$
$\text{Cnnav\_COP}(23,5, 32,5) = 1,10$	$\text{Cnnam\_COP}(20, 7) = 1,25$
$\text{Cnnav\_COP}(60, 51) = 0,8$	$\text{Cnnam\_COP}(-15, -7) = 0,80$

Tableau 414 – PAC air extérieur / eau (chauffage), coefficients Cnn pour le COP

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie (valeur de COP non-nulle). Ainsi :

– La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier, selon la procédure suivante :

si $\{\text{COP\_util}(1,4)\} = 0$

$\{\text{COP\_util}(1,4)\} = \{\text{COP\_util}(2,4)\} \times \text{Cnnav\_COP}(23,5, 32,5)$

si $\{\text{COP\_util}(3,4)\} = 0$

$\{\text{COP\_util}(3,4)\} = \{\text{COP\_util}(2,4)\} \times \text{Cnnav\_COP}(42,5, 32,5)$

(3288)

si $\{\text{COP\_util}(4,4)\} = 0$

$\{\text{COP\_util}(4,4)\} = \{\text{COP\_util}(3,4)\} \times \text{Cnnav\_COP}(51, 42,5)$

si $\{\text{COP\_util}(5,4)\} = 0$

$\{\text{COP\_util}(5,4)\} = \{\text{COP\_util}(4,4)\} \times \text{Cnnav\_COP}(60, 51)$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :
Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N0aval

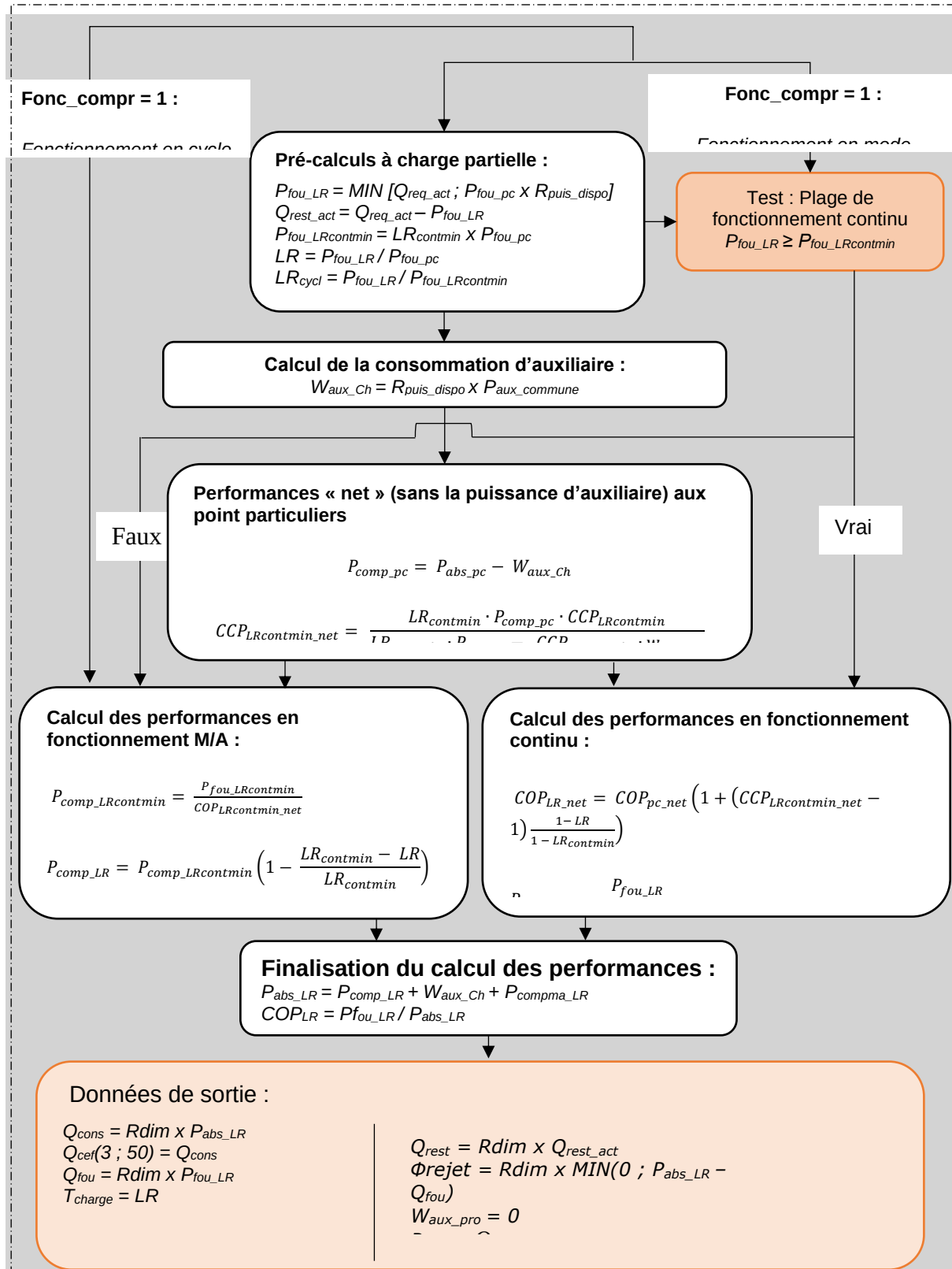
si $\{COP\_util(i,2)\} = 0$
 $\{COP\_util(i,2)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(-7, 7)$
 si $\{COP\_util(i,3)\} = 0$
 $\{COP\_util(i,3)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(2, 7)$ (3289)
 si $\{COP\_util(i,5)\} = 0$
 $\{COP\_util(i,5)\} = \{COP\_util(i,4)\} \times Cnnam\_COP(20, 7)$
 si $\{COP\_util(i,1)\} = 0$
 $\{COP\_util(i,1)\} = \{COP\_util(i,2)\} \times Cnnam\_COP(-15, -7)$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP\_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav\_Pabs(42.5, 32.5) = 0.9$	$Cnnam\_Pabs(-7, 7) = 0.86$
$Cnnav\_Pabs(51, 42.5) = 0.915$	$Cnnam\_Pabs(2, 7) = 0.95$
$Cnnav\_Pabs(23.5, 32.5) = 1.09$	$Cnnam\_Pabs(20, 7) = 1.13$
$Cnnav\_Pabs(60, 51) = 0.91$	$Cnnam\_Pabs(-15, -7) = 0.92$

Tableau 415 – PAC air extérieur / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs.

16.19.4.1.3.5 Performances à charge partielle ou nulle



16.20 C_GEN_Préchauffage de l'air insufflé dans le bâtiment par systèmes SYSTOVI R-Sun, R-VOLT

16.20.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des systèmes « R-Sun », « R-Volt » de préchauffage de l'air insufflé dans le bâtiment, par récupération de chaleur sous des panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques en toiture, via un système de ventilation.

Le système se compose donc de capteurs solaires (thermiques et/ou photovoltaïques), de gaines qui se raccordent au module de ventilation (comportant un ventilateur) et de gaines qui vont du module aux bouches de soufflage vers les pièces du bâtiment. Le système comporte également une régulation.

En brassant l'air extérieur autour des panneaux photovoltaïques, le système améliore leur rendement.

Le système se décline sous 3 formes :

- Lorsque les panneaux sont des capteurs thermiques uniquement, le système porte la dénomination R-Sun
- Lorsque les panneaux sont des capteurs photovoltaïques uniquement, le système porte la dénomination R-Volt
- Lorsque la configuration est hybride, capteurs thermiques et panneaux photovoltaïques uniquement, le système porte la dénomination R-Volt + Extension thermique.

16.20.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode est applicable aux maisons individuelles, neuves, situées à une altitude inférieure à 900m, accolées ou non, avec ou sans combles.

Dans les cas de maisons avec combles perdus, les gaines du réseau seront toutes isolées.

Les gaines associées au module seront de diamètre Ø125 pour les petits piquages et Ø160 pour les collecteurs. Elles auront une isolation minimale de 25 mm

Elles seront composées de parois flexibles constituées :

- d'une paroi intérieure composée d'un film polyester contrecollé entre 3 feuilles d'aluminium micro perforées,
- d'une lame en laine de verre de 25 mm d'épaisseur, de densité 20 kg/m³
- d'une paroi extérieure composée d'un film polyester contrecollé de 2 films aluminium

Elles auront également les caractéristiques suivantes :

- Classement au feu : M1 (gaine interne classé M0)
- Plage de température : -30°C / +140°C

Par défaut, ou sans connaissance de la classe d'étanchéité ni du ratio des conduits en volume chauffé des gaines, le réseau sera considéré comme classe D, E ou F (intitulé « autre – par défaut ») et le ratio des gaines en volume chauffé sera pris égal à zéro.

Le caisson doit impérativement être positionné à l'intérieur du bâti.

L'orientation des panneaux est similaire à une installation solaire classique et suit la pente toiture.

Le système de ventilation peut être une VMC simple ou double flux. La mise en place d'un clapet de surpression et d'une chatière d'évacuation d'air est également nécessaire.

Il est nécessaire de disposer d'un autre système de chauffage avec un dispositif de pilotage/régulation commun. Le système est utilisé en mode « insufflation chauffage » et « ventilation » uniquement.

16.20.3 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
	$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont (air extérieur, eau de nappe, eau glycolée).	°C
	θ_{aval}	Température de la source aval (eau du circuit de chauffage, du ballon d'eau chaude)	°C
Génération	Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W
	R_{puis_dispo}	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
	$\dot{I}_{ECS\_seule}$	Indicateur de production ECS seule.	Bool
	$P_{fou\_source\_amont\_maxi}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc})	W

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS seule : 4 : Chauffage et ECS	Ent	3	4	

	Présence et type de gestion de la résistance électrique d'appoint (3 ^{ème} générateur) :				
Is_RE	Absence de résistance électrique d'appoint : 0 Appoint électrique activé jour et nuit : 1 Appoint électrique activé de nuit seulement : 2	Ent	0	2	
P _{nom_RE}	Puissance thermique nominale de la résistance électrique d'appoint	W	0	+□	
f _{aux_RE}	Fraction volumique du ballon couverte par la résistance électrique	Réel	0	1	
f _{aux}	Fraction volumique du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Rat_f _{aux}	Ratio de la fraction du ballon couverte par la résistance électrique sur la fraction du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Cat	Catégorie de générateur : 503 : pompe à chaleur à compression électrique (simple service) 1001 : pompe à chaleur à compression électrique double service en fonctionnement alterné	Ent			1001
Id _{engen}	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
Id _{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	
Id _{fluide_amont}	Nature de la source amont : 1 : eau, 2 : air, 3 : sol	Ent	1	3	3
Sys_thermo	Technologie de la PAC : 1 : PAC air extérieur/ eau 2 : PAC eau de nappe / eau 3 : PAC eau glycolée / eau 4 : PAC sol/ eau 5 : PAC air extrait / eau (ECS seule uniquement) 6 : PAC air ambiant / eau (ECS seule uniquement)	Ent	1	6	
{ $\theta_{aval(i)}$ } _{ch} { $\theta_{aval(i)}$ } _{ecs}	Liste des températures aval principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	
{ $\theta_{amont(i)}$ } _{ch} { $\theta_{amont(i)}$ } _{ecs}	Liste des températures amont principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	
N _{θ_{aval_ch}} N _{θ_{aval_ecs}}	Nombre de températures aval principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
N _{θ_{amont_ch}} N _{θ_{amont_ecs}}	Nombre de températures amont principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
Statut_données_PC_ch Statut_données_PC_ECS	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	-	

Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{\text{ch}}$	Matrice des statuts de données en chauffage : 1 : valeurs certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{\text{ch}}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en chauffage	{-}	0	+□	
$\{\text{P}_{\text{abs}}(i,j)\}_{\text{ch}}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en chauffage	{kW}	0	+□	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage					
$\text{StatutCOP}_{\text{pivot\_ch}}$	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en chauffage : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
$\text{COP}_{\text{pivot\_ch}}$	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	-	0	+□	-
$\text{P}_{\text{abs\_pivot\_ch}}$	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	kW	0	+□	-
Saisie des performances certifiées ou justifiées en production ECS					
$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{\text{ecs}}$	Matrice des statuts de données en production ECS : 1 : valeurs certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{\text{ecs}}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en production ECS	{-}	0	+□	
$\{\text{P}_{\text{abs}}(i,j)\}_{\text{ecs}}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en production ECS	{kW}	0	+□	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en production ECS					
$\text{StatutCOP}_{\text{pivot\_ecs}}$	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en production ECS : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
$\text{COP}_{\text{pivot\_ecs}}$	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	-	0	+□	-
$\text{P}_{\text{abs\_pivot\_ecs}}$	Valeur pivot déclarée de puissance absorbée lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	kW	0	+□	-
Limites de fonctionnement de la machine en mode chauffage/en mode production ECS					
$\text{Lim}_{\theta_{\text{ch}}}$ $\text{Lim}_{\theta_{\text{ecs}}}$	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré : 0 = pas de limite 1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	Ent	0	2	-
$\theta_{\text{max\_av\_ch}}$ $\theta_{\text{max\_av\_ecs}}$	Température maximale aval en mode chauffage ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	-

$\theta_{min\_am\_ch}$	Température minimale amont en mode	°C	-50	100	-
$\theta_{min\_am\_ecs}$	chaud en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner				

Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule) ou en chauffage (double service)

Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
$\text{Statut\_fonct\_continu}$	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« <i>contmin</i> ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
$\text{Ccp}_{LRcontmin}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$	Réel	0	2	
$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	

Puissance d'auxiliaires de la machine

Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	

Préprocesseur : composition des matrices de performance

$\{Cnn_{nav\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{nav\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de P_{abs} à la température aval θ_i en fonction de P_{abs} à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{nam\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{nam\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de P_{abs} à la température amont θ_i en fonction de P_{abs} à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel			Voir selon technologie
$\{Cnn_{nav\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{nav\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température aval θ_i en fonction du COP ou EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{nam\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{nam\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température amont θ_i en fonction du COP ou EER à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel			

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Typo_emetteur_ch	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage :	Ent	1	4	

1 : forte : plancher ou plafond intégré au bâti,
 2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie moyenne,
 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible,
 4 : très légère: systèmes à air.

R_{dim} Nombre de machines identiques. Ent 1 -

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,ch}$ $Q_{fou,ecs}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
$Q_{rest,ch}$ $Q_{rest,ecs}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{ceff(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présentée sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh
$\eta_{eff,ch}$ $\eta_{eff,ecs}$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$T_{charge,ch}$ $T_{charge,ecs}$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$\Phi_{rejet,ch}$ $\Phi_{rejet,ecs}$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh
P_{abs_pc}	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\{COP_{util}(i,j)\}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données	{-}
LR_{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
COP_{pc} COP_{LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-
COP_{pc_net} $COP_{LRcontminnet}$ COP_{LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-
P_{fou_pc} $P_{fou\_LRcontmint}$ P_{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
P_{abs_pc} P_{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W

P_{comp_PC} $P_{comp\_LRcontmint}$ P_{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W	
$P_{fou\_pc\_brut}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W	
$P_{aux\_commune}$	Puissance d'auxiliaires déterminée sur la base du Taux_ch et de la puissance absorbée nominale en chauffage.	W	
$W_{aux,0}$	Puissance effective appelée par les auxiliaires à charge nulle	W	
P_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W	
$Ccp_{LRcontmin\_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-	
Q_{reqact}	Quantité d'énergie requise ramenée à un seul générateur sur les $Rdim$ générateurs identiques	W	
$Q_{restact}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, pour un seul générateur sur les $Rdim$ générateurs identiques	Wh	
Q_{req_RE}	Quantité d'énergie à fournir par la résistance électrique d'appoint	Wh	
$Q_{fou,RE}$	Quantité d'énergie fournie par la résistance électrique d'appoint	Wh	
$Q_{cons,RE}$	Quantité d'énergie consommée par la résistance électrique d'appoint	Wh	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv
$COP_{util\_max\_ch}$ $COP_{util\_max\_ecs}$	Valeurs maximales de COP pivot pour les PAC en statut déclaré. Intervient aussi pour la valeur par défaut.	Voir technologie.	selon

Tableau 416 - Nomenclature des différentes variables du modèle

16.20.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.20.4.1 Description de la méthodologie de calcul

Deux systèmes de chauffage cohabitent dans les projets équipés du système SYSTOVI.

- d'une part, le système de chauffage principal installé dans le bâtiment,
- d'autre part, le module SYSTOVI qui vient traiter une partie des besoins de chauffage du bâtiment.

La méthodologie utilisée pour calculer la consommation de chauffage du bâtiment tenant compte de l'utilisation du système SYSTOVI comprend plusieurs étapes :

- Etape 1 : calcul des besoins de chauffage du bâtiment via la simulation n°1 (chapitre 16.20.4.2)

Les besoins de chauffage du bâtiment sont déduits des calculs de consommation d'un système fictif par soufflage d'air chaud similaire au système « R-Sun » / « R-Volt », et d'un système fictif de chauffage similaire au système de chauffage principal pressenti pour le projet, selon la méthode réglementaire.

- Etape 2 : calcul de la part α des besoins couverts par le système SYSTOVI et de la puissance complémentaire de ventilateurs (chapitre 16.20.4.3)

A l'aide d'un outil Excel associé à cette méthodologie, et en tenant compte des performances des panneaux photovoltaïques, et/ou des capteurs thermiques, est calculée la puissance horaire de chauffage disponible du système SYSTOVI.

En la comparant, à chaque pas de temps, à la puissance requise, on détermine le besoin réellement satisfait par le système SYSTOVI.

L'outil fournit alors la part α des besoins de chauffage satisfaits par le système SYSTOVI à utiliser dans la simulation n°2.

L'outil fournit également la puissance de ventilateur complémentaire liée au fonctionnement du système SYSTOVI à prendre en compte dans la simulation n°2.

- Etape 3 : détermination des consommations de chauffage du bâtiment équipé du système SYSTOVI via la simulation n°2 (chapitre 16.20.4.4)

A partir des éléments calculés dans l'étape 2, une nouvelle simulation des systèmes réels du bâtiment permet de calculer la consommation réglementaire du projet pour les différents postes.

Les hypothèses de modélisation vont différer selon que le système de chauffage principal du bâtiment est à effet joule, ou pas.

16.20.4.2 Calcul des besoins de chauffage – simulation n°1

On trouve ci-dessous les hypothèses de modélisation à utiliser pour la simulation n°1 à réaliser sur l'outil de calcul réglementaire. On rappelle que le but de cette simulation est, à travers l'utilisation d'un système fictif de chauffage, de calculer les besoins de chauffage du projet.

Le système fictif est renseigné comme suit :

Génération pour le chauffage

- Saisie de la génération :

- Services assurés : chauffage seul
- Type de chauffage : chauffage à effet joule direct

- Saisie du générateur

- Type de générateur : 500/ générateur à effet joule direct.
- Service du générateur : Chauffage seul
- Générateur effet joule.
- Puissance : 50 kW (ou une puissance encore plus élevée si ce n'est pas suffisant)

Emission pour le chauffage

On prend ici en compte la consommation complémentaire liée aux ventilateurs du système SYSTOVI.

- Saisie du système d'émission

- Nom du système : à renseigner
- Type d'émetteur : chauffage seul
- Surface des pièces concernées : à définir selon le projet
- Pertes au dos de l'émetteur (en%) : 0 ou rien
- Hauteur sous plafond : locaux de moins de 4m sous plafond.
- Ventilateurs liés aux émetteurs : Oui
- Ventilateurs liés aux émetteurs : Pas de ventilateurs (nota : ils seront pris en compte ultérieurement)

- Émetteur chaud

- Type de chauffage : électrique direct
- Type d'émetteur chaud : Air soufflé
- Lié à la génération : définie auparavant.
- Part surface du groupe assurée par cette émission : 100 %
- Part des besoins assurée par ce système d'émission : 100 %
- Classe de variation spatiale : classe B2

- *Variation temporelle* : couple régulateur-émetteur permettant un arrêt total de l'émission
- *Détection de présence* : Autres cas
- *Lien sur la ventilation* : Double Flux décrite ci-dessous

- *Distribution de groupe chaud*

- *Type de distribution de groupe* : réseau de distribution fictif sans pertes

Autres paramètres : conditions réelles.

Eau chaude sanitaire

- Production d'eau chaude sanitaire spécifique au projet (électrique, gaz, fioul, instantanée, accumulée... au choix)
 - Génération ECS spécifique au projet
 - Distribution d'ECS : spécifique au projet
 - Même chose pour les émetteurs ECS

Ventilation

- *Désignation* : à définir
- *Nom commercial* : \
- *Type de ventilation* : Ventilation Mécanique Double Flux
- *Lien vers la CTA* : à relier à la CTA définie ci-après
- *Composant de ventilation* : autres
- *Gestion de la ventilation* : selon le projet
- *Étanchéité du réseau* : selon le projet
- *Les débits à renseigner sont les suivants* :
 - *Extraction* : les débits règlementaires du projet
 - *Soufflages* : les mêmes débits que les débits d'extraction.

Centrale de traitement d'air

- La CTA associée est de type double flux hygiénique
 - *Liaison au puits climatique* : aucun lien
 - *Liaison à l'espace tampon* : Sans liaison
 - *Puissances des ventilateurs de reprise* : spécifiques au projet
 - *Puissances des ventilateurs de soufflage* : égale à 0 (prise en compte ultérieure des ventilateurs, dans la feuille de calcul)

- Caractéristiques de la CTA
 - *Échangeur de type simplifié*,
 - *Efficacité de l'échangeur* : 0
 - *Puissance électrique des auxiliaires* : 0
 - *Génération associée antigel* : pas de sécurité antigel.

Paragraphe panneaux photovoltaïques : si utilisation du système R-Volt ou R-Volt + extension thermique

(selon la fiche technique des panneaux PV de marque SYSTOVI)

- *Désignation* : à définir
- *Marque des capteurs* : SYSTOVI
- *Dénomination* : SYSTO_ETANCHE
- *Nombre de capteurs identiques* : spécifique au projet
- *Surface d'un module* : selon projet
- *Technologie du capteur* : Mono-cristallin ou poly-cristallin (selon le modèle de panneau sélectionné)
- *Puissance crête nominale d'un module* : selon projet
- *Temp. D'équilibre du module NOCT* : selon projet
- *Coeff de température de la puissance crête* : selon projet
- *Type de confinement* : selon projet
- *Orientation* : selon le projet.
- *Inclinaison du module* : selon projet.

- Caractéristiques des onduleurs

- *Marque* : selon projet
- *Dénomination* : selon projet
- *Nombre d'onduleurs identiques* : selon dimensionnement
- *Puissance nominale AC de sortie d'un onduleur* : VALEUR PAR DÉFAUT
- *Valeurs connues du rendement de l'onduleur* : selon projet
- *Présence de masques* : selon projet

Saisie des métrés : conformes au projet.

La consommation de chauffage obtenue via cette simulation est dénommée Cep chauffage simulation n°1. Sa valeur est à renseigner dans l'outil Excel associé dans la partie « Résultats de la simulation réglementaire préalable au calcul ».

Résultat de la simulation n°1 réglementaire préalable au calcul :	
Cep chauffage <i>ELEC EP simulation n°1</i> :	132,2 kWhEP/m².an

Figure 232- Extrait de l'outil de calcul SYSTOVI – case où saisir le Cep chauffage de la simulation n°1

16.20.4.3 *Calcul de la part α des besoins de chauffage couverts par le système SYSTOVI et de la puissance complémentaire de ventilateurs*

16.20.4.3.1 Calcul du besoin horaire de chauffage

A une température extérieure donnée T_e , on obtient la puissance de chauffage grâce à la formule suivante :

$$B_{chauffage}(h) = \frac{1000 \cdot C_{ep\_ch\_simulation\_n1} \cdot S_{REF}}{NbDegrés.Hheure.Chaud.(base14)} (14 - T_e) \quad (\text{en W}) (3290)$$

Avec :

- $Cep\_ch\_simulation\_n^{\circ}1$ = la consommation réglementaire de chauffage de la solution «tout système à air » (en énergie primaire)
- S_{ref} : surface de référence du projet au sens de la RE 2020 (en m^2)
- $Nb.Degré.Heure.Chaud$: somme des degrés.heure en chauffage base 14 (en $^{\circ}C.h/an$) également appelé DHU. De plus, cette somme des degrés heure est fonction de la zone climatique, en tenant compte de la période de chauffage des systèmes saisonniers.
- T_e : température extérieure (en $^{\circ}C$), issue des fichiers météorologies de la RE 2020 pour chaque zone climatique.

Il est ainsi possible de connaître au pas de temps horaire, et sur toute l'année les besoins en chauffage du projet concerné.

16.20.4.3.2 Calcul de la puissance de chauffage du système SYSTOVI

A chaque pas de temps horaire est calculée la puissance de chauffage du système. Elle est fonction des données météorologiques de la RE 2020 (notamment température extérieure, vitesse du vent) et des caractéristiques des capteurs (photovoltaïques et/ou thermiques).

Ci-dessous un tableau récapitulatif des notations et abréviations utilisées dans le calcul de la puissance des panneaux PV et thermiques

Nom	Description	Unité
Données d'entrées		
T_{ext}	Température de l'air extérieur	$^{\circ}C$
Ψ	Azimut du soleil (angle du soleil par rapport au Sud)	rd
γ	Hauteur du soleil	Rd
α	Azimut des modules (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	$^{\circ}$
β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	$^{\circ}$
I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m^2
I_{di}	Rayonnement solaire diffus isotrope	W/m^2
techn	Identification de la technologie des capteurs (monocristallin Si, polycristallin Si, CdTe, CIS, amorphe Si, autre)	-
S	Surface ensoleillée du module en œuvre	m^2
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque (calculées ebn fonction du nombre de lignes et de colonnes)	-

Q_{PV}	Débit d'air total sous les capteurs PV	m^3/h
$C_{élecventil}$	Consommation électrique du ventilateur	$We/m^3.h$
Données calculées		
θ	Angle entre le soleil et la normal à la paroi considérée	rad
Drp	Rayonnement direct incident	W/m^2
Dfp	Rayonnement diffus incident	W/m^2
Rrp	Rayonnement réfléchi incident	W/m^2
Θ_1	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus de ciel depuis les modules PV.	$^\circ$
Θ_2	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus d'albédo.	$^\circ$
F_{opt}	Coefficient de perte optique par réflexion.	-
G	Rayonnement incident efficace dans le plan des modules	W/m^2
ρ	Masse volumique de l'air	kg/m^3
C_p	Capacité calorifique de l'air	$J/kg.K$
λ	Conductivité thermique de l'air	$W/m.K$
C_{ventil}	Consommations finales électriques du ventilateur	We
$T_{sortietherm}$	Température de sortie d'air du capteur à air chaud	$^\circ C$
$E_{recuptherm}$	Energie thermique récupérée dans les capteurs à air chaud	W

Gain thermique dû aux panneaux photovoltaïques :

Le gain thermique dû aux panneaux photovoltaïques est calculé comme suit :

$$T_{sortie\_capteurs\_PV} = T_{entree\_capteurs\_PV} + \frac{3600 * \eta_{capteur\_PV} * G}{C_{pthermique\_air} * \rho_{air} * Q_{colonne}} \quad (3291)$$

Avec :

- G le flux solaire surfacique en W/m^2
- $C_{p,thermique,air}$ la capacité thermique massique de l'air en $J/kg.K$
- ρ_{air} , la masse volumique de l'air à la température du moment.
- $\eta_{capteur\_PV}$ le rendement du capteur sous panneaux photovoltaïques
- $Q_{colonne}$ en m^3/h par colonne

Le rendement du capteur est calculé selon la formule :

$$\eta_{\text{capteur\_PV}} = 0,2332 + 0,002256 * Q_{\text{colonne}} - 0,0541 * V_{\text{vent}} \quad (3292)$$

Avec :

- $\eta_{\text{capteur\_PV}}$ compris entre 0 et 1 et sans dimension
- V_{vent} la vitesse du vent en m/s

Si le système comporte plusieurs capteurs empilés, de sorte que l'air parcourt les capteurs en série, le calcul sera réalisé plusieurs fois.

Gain thermique dû aux capteurs thermiques :

Le gain thermique dû aux capteurs thermiques est calculé comme suit :

$$T_{\text{sortie\_capteurs\_thermique}} = T_{\text{entree\_capteurs\_thermique}} + \frac{3600 * \eta_{\text{capteur\_thermique}} * G}{C_{p_{\text{thermique\_air}}} * \rho_{\text{air}} * Q_{\text{colonne}}} \quad (3293)$$

Avec :

- G le flux solaire surfacique en W/m²
- $C_{p_{\text{thermique,air}}}$ la capacité thermique massique de l'air en J/kg.K
- ρ_{air} , la masse volumique de l'air à la température du moment.
- $\eta_{\text{capteur\_thermique}}$ le rendement du capteur sous capteurs thermiques
- Q_{colonne} en m³/h par colonne

Le rendement du capteur est calculé selon la formule :

$$\eta_{\text{capteur\_thermique}} = 0,385 + 0,001433 * Q_{\text{colonne}} \quad (3294)$$

Avec :

- $\eta_{\text{capteur\_PV}}$ compris entre 0 et 1 et sans dimension
- Q_{colonne} en m³/h par colonne

Pertes thermiques par les gaines :

Le calcul des pertes par les gaines pendant la circulation de l'air se fait selon la méthode de calcul Th-BCE, chapitre 6.4.

Les pertes par les gaines sont calculées deux fois dans le sens de parcours de l'air :

- une fois entre les panneaux et le collecteur (une gaine par colonne)
- une seconde fois après le module collecteur (gaine unique pour soufflage).

Les combles sont assimilés à un milieu non chauffé.

Température après les pertes du réseau de soufflage situé hors volume chauffé

$$\theta_{air,souffle}^{g,s}(h) = \theta_{air,souffle}(h) - \left(\theta_{air,souffle}(h) - \theta_{inc}^{g,s}(h) \right) \cdot \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cons,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \cdot q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (3295)$$

Avec :

$H_{cond,souf,ext}^{g,s}$ la conductivité thermique du conduit de soufflage

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,souf,ext}^{g,s}}{R_{rep}^{g,s} + 0,02} \quad (3296)$$

- $A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ est la surface externe du conduit de soufflage sur sa portion non-chauffé.

Avec la résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors volume $R_{soufflé}^{g,s}$, prise égale à :

$$R_{soufflé}^{g,s} = \frac{\ln \left(\frac{r+ep}{r} \right)}{2\pi\lambda L} \quad (3297)$$

Avec

- r = rayon de la gaine (80 mm)
- ep = épaisseur d'isolant (25mm)
- $\lambda = \lambda_{gaine} = 0,04$
- L = longueur de la gaine.

La surface des conduits de soufflage donnant sur l'extérieur est égale à :

$$A_{cond,souf,ext}^{g,s} = 0,75 \cdot A_{cond,souf}^{g,s} \quad (3298)$$

La température du local non chauffé est égale à :

$$T_{LNC} = \frac{(T_{ext} + 19)}{2} \quad (3299)$$

Température au niveau du collecteur / caisson :

L'air sortant des panneaux va cheminer le long des gaines (d'une longueur différente). De plus la température de l'air en sortie des panneaux photovoltaïques sera différente de celle en sortie des capteurs thermiques. La température au niveau du collecteur/Caisson est prise comme la moyenne arithmétique des températures en sortie de gaine.

$$T_{air\_collecteur} = \frac{\sum_{col} T_{sortie\_gaine}}{nb\_colonnes} \quad (3300)$$

Etanchéité du réseau :

Les fuites du réseau sont calculées selon la méthode Th-BCE, au paragraphe intitulé « Prise en compte des fuites des réseaux » et notamment par la formule suivante:

$$q_{soufflé,fuites}^{g,s} = 3600 \times K_{res} \times A_{cond,soufflé}^{g,s} \times dP^{0.667} \quad (3301)$$

Avec :

- K_{res} , le coefficient de fuite de réseau, défini selon les valeurs conventionnelles du tableau 60 de la méthode Th-BCE
- $A_{cond,soufflé}^{g,s}$ la surface du conduit de soufflage définie selon la méthode de calcul Th-BCE avec la valeur conventionnelle du rapport de la surface de conduit aéraulique à la surface habitable $R_{atsurfcond}$ pris égal à 0,1
- dP la différence de pression, prise égale à 80 Pa.

Le débit de fuites est pris égal à :

$$q_{pertes}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitevc}) \cdot q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (3302)$$

La régulation :

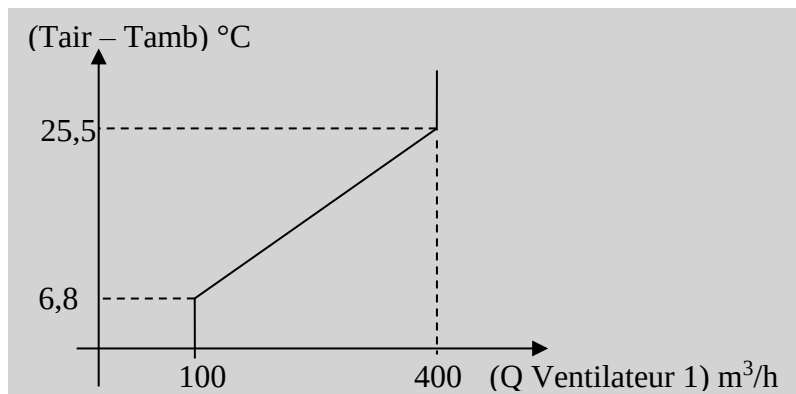
Deux cas sont à distinguer dans la régulation si l'on est :

- en mode insufflation d'air chaud (1)
- en mode ventilation des panneaux photovoltaïques (2)

$T_{air,soufflé}$ est désigné T_{air} par la suite.

(1) La régulation agit comme en mode insufflation d'air chaud.

- Si la température de soufflage est supérieure à la température ambiante de 3 degrés, et que la température ambiante est inférieure à la température de consigne plus un degré, alors le module sera en fonctionnement. Le débit assuré par le ventilateur sera de 100 m³/h
- Si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante $T_{\text{air}} - T_{\text{amb}}$ (le Delta T ou ΔT) est compris entre 6,8 et 25,5 °C le ventilateur modulera son débit selon la loi suivante.

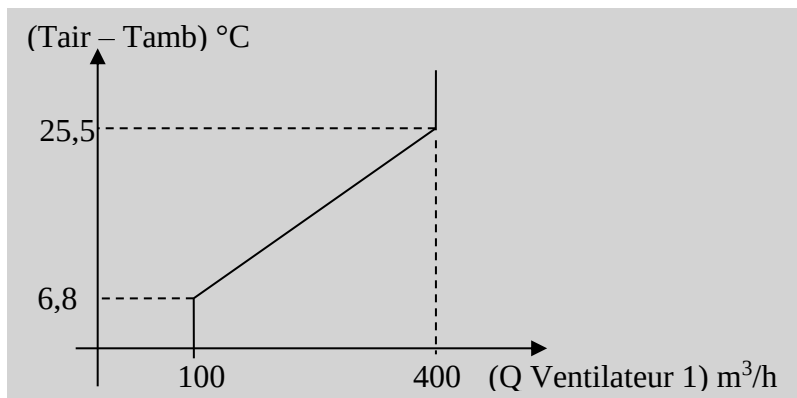


- Enfin si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante $T_{\text{air}} - T_{\text{amb}}$ est supérieure à 25,5 °C, le système ne soufflera plus dans les locaux, mais continuera de fonctionner pour refroidir les capteurs.

Les équations précédentes nous permettent donc d'obtenir les puissances fournies par le module au pas de temps horaire.

(2) La régulation agit comme suit sur le module en mode ventilation de panneaux photovoltaïques

- Si la température de soufflage est supérieure à 45°C, et qu'il n'y a pas de besoins, le mode ventilation est activé.
- Si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante $T_{\text{air}} - T_{\text{amb}}$ (le Delta T ou ΔT) est compris entre 6,8 et 25,5 °C le ventilateur modulera son débit selon la loi suivante.



Calcul du débit de soufflage et de la température de soufflage, calcul de convergence :

On déduit le débit de soufflage et la température de soufflage par convergence.

En mode insufflation d'air chaud :

Si $B_{chauffage}(Te(h)) > 0$

$\Delta T(h) = \Delta T_0(h) = T_{sortiethermfinal}(h) - T_{consigne}(h)$

Si $\Delta T(h) < 1$ alors $Q_{soufflage} = 0$

Si $\Delta T(h) \geq 1$ et $\Delta T(h) < 3$

Si insufflation (h-&) = « Oui » alors $Q_{soufflage} = 100$

Si insufflation (h-&) = « Non » alors $Q_{soufflage} = 0$

Si $\Delta T(h) \geq 3$ et $\Delta T(h) < 6,8$ alors $Q_{soufflage} = 100$

Si $\Delta T(h) \geq 6,8$ et $\Delta T(h) < 25,5$

alors $Q_{soufflage} = 16,043 * \Delta T(h) - 9,091$

Si $\Delta T(h) \geq 25,5$ alors $Q_{soufflage} = 400$

On pose

$$Q_{soufflage,n+1} = \frac{(Q_{soufflage,n+1} + Q_{soufflage,n})}{2} \text{ et } Q_0 = 200 \text{ m}^3/h \quad (3303)$$

$$\Delta T_{n+1} = \frac{(\Delta T_{n+1} + \Delta T_n)}{2} \quad (3304)$$

On considère le débit atteint lorsqu'on a à la fois :

- $|Q_n - Q_{n+1}| < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $|T_n - T_{n+1}| < 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

En mode ventilation des panneaux photovoltaïques :

Si $B_{chauffage}(h) = 0$

$\Delta T(h) = \Delta T_0(h) = T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}}(h) - 30$

Si $T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}}(h) > 45$ alors

Si $\Delta T(h) < 6.8$ alors $Q_{\text{ventilPV}} = 100$

Si $\Delta T(h) \geq 6.8$ et $\Delta T(h) < 25.5$ alors $Q_{\text{ventilPV}} = 16.043 * \Delta T(h) - 9.091$

Si $\Delta T(h) \geq 25.5$ alors $Q_{\text{ventilPV}} = 400$

On pose

$$Q_{\text{ventilPV},n+1} = \frac{(Q_{\text{ventilPV},n+1} + Q_{\text{ventilPV},n})}{2} \text{ et } Q_0 = 200 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3305)$$

$$\Delta T_{n+1} = \frac{(\Delta T_{n+1} + \Delta T_n)}{2} \quad (3306)$$

On considère le débit atteint lorsqu'on a à la fois :

- $|Q_n - Q_{n+1}| < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $|T_n - T_{n+1}| < 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

On en déduit $Q_{\text{soufflage}}$ et $T_{\text{soufflage}} = T_{\text{sortie\_capteurs\_PV}}$ OU $T_{\text{sortiethermfinal}}$ selon le mode de fonctionnement

16.20.4.3.3 Comparaison des besoins horaire de chauffage à ce que peut produire le système

La puissance potentielle du système est la suivante :

$$P_{\text{systeme,pot}}(h) = C_{p_{\text{therm,vol}}} * Q_{\text{soufflage}} * (T_{\text{soufflage}} - T_{\text{ext}}) \quad (3307)$$

Avec $C_{p_{\text{therm,vol}}}$ la capacité thermique volumique de l'air ($\text{Wh}/\text{m}^3.\text{K}$)

La chaleur apportée par le système sera le minimum entre les besoins du projet et l'énergie potentielle que peut fournir le système.

$$P_{systeme}(h) = \min(B_{chauffage}(h); P_{systeme,pot}(h)) \quad (3308)$$

16.20.4.3.4 Part alpha des besoins de chauffage assurée par le système SYSTOVI

La part des besoins assurée par le système est égale à :

$$Q_{systeme} = \sum_h P_{systeme}(h) * 1 \quad (3309)$$

On peut ainsi déduire la part annuelle α des besoins de chauffage assurée par le système SYSTOVI.

$$\alpha = \frac{Q_{systeme}}{Cep_{ch_{simulationn^1}}} \quad (3310)$$

Cette valeur est affichée dans l'outil Excel

Part alpha des besoins traités par SYSTOVI

10,42%

Figure 233- Extrait de l'outil de calcul SYSTOVI – affichage de la part des besoins couvertes par le système SYSTOVI à utiliser pour la simulation n°2

16.20.4.3.5 Consommations complémentaires des ventilateurs

On explicite tout d'abord le calcul réalisé par la feuille Excel pour déterminer la consommation annuelle des ventilateurs du système SYSTOVI, puis son exploitation pour la simulation n°2.

Calcul de la consommation horaire du ventilateur :

Les consommations horaires en mode insufflation chauffage sont :

$$C_{ventil}(h) = D_{ventil}(h) * P_{ventil}(h) \quad (3311)$$

Avec

$P_{ventil}(h)$ la puissance horaire du ventilateur

$D_{ventil}(h)$ la durée de fonctionnement du ventilateur

Puissance horaire d'un ventilateur :

$$P_{ventil}(h) = 0,21 * Q_{soufflage}(en W) \quad (3312)$$

Durée de fonctionnement du ventilateur :

Si la puissance fournie par le système est inférieure aux besoins, la ventilation fonctionnera pendant une heure.

Si la puissance disponible est supérieure aux besoins, le système fournit la puissance nécessaire au projet sur une durée proportionnelle aux besoins de chauffage. Le cas échéant, le ventilateur prend le relais pour assurer la ventilation des panneaux photovoltaïques.

$$\text{Si } P_{\text{systovi}}(h) < B_{\text{chauffage}}(h), D_{\text{ventil}}(h) = 1 \cdot h$$

$$\text{Si } P_{\text{systovi}}(h) > B_{\text{chauffage}}(h), D_{\text{ventil}}(h) = 1 \cdot \frac{B_{\text{chauffage}}(h)h}{P_{\text{système,pot}}(h)}$$

Valeur moyenne de puissance de ventilateur à utiliser pour la simulation n°2 :

La puissance moyenne de ventilateur à utiliser pour la simulation n°2 est alors déterminée de la manière suivante :

$$P_{\text{moy\_ventil}}(h) = \text{MOYENNE}(C_{\text{ventil}}(h)) \quad (3313)$$

Cette valeur est affichée dans l'outil Excel

Puissance complémentaire des ventilateurs

5,48 Watts

Figure 234- Extrait de l'outil de calcul SYSTOVI – affichage de la puissance de ventilateur à utiliser pour la simulation n°2

16.20.4.4 Calcul des consommations de chauffage du bâtiment équipé du système SYSTOVI – simulation n°2

On trouve ci-dessous les hypothèses de modélisation à utiliser pour la simulation n°2 à réaliser sur l'outil de calcul réglementaire. Cette simulation permet de calculer la consommation réglementaire du projet pour les différents postes. Elle permet donc la modélisation réelle du système principal de chauffage du bâtiment, en prenant en compte la part des besoins assurée par le système SYSTOVI, et la consommation complémentaire des ventilateurs.

Le système réel comprend alors deux générations distinctes, une pour le système de chauffage principal, une pour le système SYSTOVI.

Le système est renseigné comme suit :

16.20.4.4.1 Système principal de chauffage

Génération pour le système principal de chauffage :

Description selon la génération spécifique au projet (exemple : chaudière gaz associée à des radiateurs à eau)

Emission pour le système principal de chauffage :

Description selon les émetteurs spécifiques au projet, excepté pour la part des besoins assurée par le système d'émission :

- **Part des besoins assurée par ce système d'émission : $(100 - \alpha) \%$**

Exemple : si la valeur de α est de 10%, on doit saisir ici 90%.

Distribution de groupe pour le système principal de chauffage :

Description selon la distribution spécifique au projet, excepté pour les longueurs de distribution :

- **Longueur de distribution en volume chauffé : $(100 - \alpha) \%$ X longueur de distribution du projet**
- **Longueur de distribution hors volume chauffé : $(100 - \alpha) \%$ X longueur de distribution du projet**

Exemple : si la valeur de α est de 10%, et la longueur de distribution du projet en volume chauffé de 100m, on doit saisir ici 90m.

16.20.4.4.2 Système SYSTOVI

La description va ici dépendre du type du système de chauffage principal (système à effet joule ou autres système).

Génération pour le système SYSTOVI

- **Si le système de chauffage principal est à effet joule, on utilise le générateur T5-SYSTOVI-Effet-joule**

- Saisie de la génération :

- Type de chauffage : chauffage à effet joule direct

- Saisie du générateur

- Type de générateur : 500/ générateur à effet joule direct.
- Service du générateur : Chauffage seul

Générateur effet joule.

- Puissance : 50 kW (ou une puissance encore plus élevée si ce n'est pas suffisant)

➤ **Si le système de chauffage principal n'est pas à effet joule, on utilise le générateur T5-SYSTOVI-Generateur Gaz**

- Saisie de la génération :

- Type de chauffage : chaudière gaz

- Saisie du générateur

- Type de générateur : 102/ Chaudière gaz à condensation.
- Service du générateur : Chauffage seul
- Puissance : 50 kW (ou une puissance encore plus élevée si ce n'est pas suffisant)
- Rendements à puissance nominale et intermédiaire : valeur par défaut
- Pertes à l'arrêt : valeur par défaut
- Puissance d'auxiliaire à la puissance nominale : saisir une valeur mesurée non nulle.
- Pas de cogénération

Emission pour le système SYSTOVI

- Saisie du système d'émission

- Nom du système : soufflage d'air chaud SYSTOVI
- Type d'émetteur : chauffage seul
- Surface des pièces concernées : à définir selon le projet
- Pertes au dos de l'émetteur (en%) : 0 ou rien
- Hauteur sous plafond : locaux de moins de 4m sous plafond.
- Mode de gestion des ventilateurs locaux : Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte
- Présence d'un régime de super petite vitesse : Non
- **Puissance des ventilateurs locaux (pour chaque vitesse) : cf. valeur fournie par le fichier Excel**
- Type de régulation de la batterie de refroidissement : Autres cas

- Émetteur chaud

- Type d'émetteur chaud : Air soufflé
- Lié à la génération : définie auparavant.

- *Part surface du groupe assurée par cette émission : 100 %*
- **Part des besoins assurée par ce système d'émission : α % : cf. valeur fournie par le fichier Excel**
- *Classe de variation spatiale : classe B2*
- **Variation temporelle : identique à celle des émetteurs réels**
- *Détection de présence : Autres cas*

Autres paramètres : conditions réelles.

Distribution pour le système SYSTOVI

➤ ***Si le système de chauffage principal est à effet joule,***

- *Distribution de groupe chaud : réseau de distribution fictif sans pertes*

➤ ***Si le système de chauffage principal n'est pas à effet joule,***

- *Distribution de groupe chaud : réseau de distribution hydraulique*

- *Pas de circulateurs*
- **Longueur de réseau de distribution en volume chauffé (α *Longueur en volume chauffé de la distribution du système de chauffage principal)**
- **Longueur de réseau de distribution hors volume chauffé (α *Longueur hors volume chauffé de la distribution du système de chauffage principal)**
- *Autres paramètres : identiques à ceux du projet.*

Distribution intergroupe pour le système SYSTOVI : réseaux hydrauliques individuels uniquement (pas de niveau intergroupe)

Les autres éléments du projet (eau chaude sanitaire, ventilation, ...) sont ceux du projet

Paragraphe panneaux photovoltaïques : si utilisation du système R-Volt ou R-Volt + extension thermique

(selon la fiche technique des panneaux PV de marque SYSTOVI)

- *Désignation : à définir*

- *Marque des capteurs* : SYSTOVI
- *Dénomination* : SYSTO_ETANCHE
- *Nombre de capteurs identiques* : spécifique au projet
- *Surface d'un module* : selon projet
- *Technologie du capteur* : Mono-cristallin ou poly-cristallin (selon le modèle de panneau sélectionné)
- *Puissance crête nominale d'un module* : selon projet
- *Temp. D'équilibre du module NOCT* : selon projet
- *Coeff de température de la puissance crête* : selon projet
- *Type de confinement* : selon projet
- *Orientation* : selon le projet.
- *Inclinaison du module* : selon projet.

- **Caractéristiques des onduleurs**

- *Marque* : selon projet
- *Dénomination* : selon projet
- *Nombre d'onduleurs identiques* : selon dimensionnement
- *Puissance nominale AC de sortie d'un onduleur* : VALEUR PAR DÉFAUT
- *Valeurs connues du rendement de l'onduleur* : selon projet
- *Présence de masques* : selon projet

Saisie des métrés : conformes au projet.

16.21 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_YACK_BIO NIC

On trouve ci-dessous une proposition de rédaction pour la prise en compte du système dans la RE2020, possiblement sous la forme d'un nouveau chapitre de la méthode Th-BCE 2020.

16.21.1 INTRODUCTION

Le système YACKBionic permet d'assurer la fourniture de l'ECS et du chauffage. Il est composé des éléments techniques suivants :

- Un élément de stockage en eau technique qui assure la réserve d'eau froide nécessaire au bon fonctionnement du système.

- Une ou plusieurs PAC Air extérieur/Eau à compression électrique (le cas échéant raccordées en parallèle) utilisant le CO2 (R744) comme fluide frigorigène.

Sa fonction est de chauffer l'eau technique située en partie basse de l'élément de stockage de manière instantanée à 65°C puis de la réinjecter en partie haute. L'ensemble des données de performance saisies devront être établies pour une température de sortie d'eau technique égale à 65°C.

- Une ou plusieurs PAC Eau/Eau à compression électrique (le cas échéant raccordées en parallèle) dont la fonction, en période de chauffage uniquement, est de refroidir côté évaporateur l'eau technique située en partie basse de l'élément de stockage afin de maintenir une température de 15°C. L'énergie soutirée lors de ses phases de fonctionnement est transférée côté condenseur à une partie supérieure de l'élément de stockage.

Le pincement des échangeurs thermiques situés entre le système et le réseau collectif de distribution ECS doit être inférieur ou égal à 2,5 K.

Le système ne peut pas être associé à des émetteurs de chaleur de type « haute température » (température d'entrée supérieure à 70°C).

16.21.2 CHAMP D'APPLICATION

La méthode de calcul s'applique à tout type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020.

Le système doit être dimensionné de manière à couvrir l'ensemble des besoins d'ECS, sans nécessité d'un recours à un appoint.

Dans le cas où une résistance électrique est installée au niveau du ou des ballons de stockage, celle-ci ne fonctionne qu'en « secours » et est commandée par le système qui assure son enclenchement uniquement en cas de mise en défaut du fonctionnement thermodynamique.

16.21.3 NOMENCLATURE

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du système Yack BIONIC. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

16.21.3.1 Module ballon de stockage

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,PAC\_Eau\_Eau}(h)$	Energie totale fournie par la PAC Eau/Eau	Wh
$Q_{fou,PAC\_CO2}(h)$	Energie totale fournie par la PAC CO2	Wh
$Q_{fou,ball,,PAC\_CO2}(h)$	Energie fournie au ballon de stockage par la PAC CO2	Wh
$Q_{fou,ball,,PAC\_Eau\_Eau}(h)$	Energie fournie au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau	Wh
$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C
$Teau(h)$	Température d'alimentation en eau	°C
$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C
$Tecs\_max^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération gen.	°C
Tch_max^{gen}	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe de chauffage connectés à la génération gen.	°C
id_{Ecs_seul}	Indicateur de production d'ECS seule	Ent.

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
V_{tot}	Volume total du ballon	L	0	$+\infty$	-
V_z	Volume de la zone z du ballon (z de 1 à 4, V_z est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	L	0	V_{tot}	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	0	$+\infty$	-
θ_{max}	Température maximale du ballon	°C	0	100	-
z	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur de base	-	1	4	-
$h_{rel_{ech\_base}}$	Hauteur (relative) de l'échangeur du générateur de base à partir du point inférieur de la zone z_{base} .	-	0	1	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée :			
	0 - Certifiée			
Statut_UA	1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO	-	0	2
	2 - Par défaut			
	Indicateur précisant si il s'agit du ballon principal ou du ballon d'appoint :			
Is_Principal	0 : Ballon principal	Ent	0	1
	1 : Ballon d'appoint (secondaire)			

Sorties

Nom	Description	Unité
Tz	Champ de température dans le ballon de stockage au pas de temps courant	°C
Ti	Champ de température dans le ballon de stockage lors de l'itération i	°C
Pe	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h	W
Q _{rest_ch}	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh
Q _{w_sto_unit_report}	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon	Wh
Q _{req_ball_PAC_Eau_Ea_u}	Énergie requise à soutirer par la PAC Eau/Eau à la zone z=1 du ballon de stockage	Wh
Q _{fou_ball_max_PAC_Ea_u_Eau}	Énergie maximale pouvant être fournie par la PAC Eau/Eau aux zones 3 et 4 du ballon de stockage pour ne pas dépasser Thetamax_av_PAC_Eau_Eau	Wh
Q _{req_ball_PAC_CO2}	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par la PAC CO2	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
U _z	Coefficient de pertes de la zone z du ballon (U _z est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	W/K
(UA) _{s_util}	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K 0 +∞
Pe,z	Pertes thermiques de la zone z du ballon	W
Nbh_report(h)	Nombre d'heure où le besoin ECS n'a pas été couvert au pas, message d'alerte si >24h	W
Z _{ech}	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-
Z _{max_ech}	Numéro de la zone la plus haute contenant l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-
hrel _{ech}	Hauteur relative de l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-

$h_{rel_{rest}}$	Hauteur relative de l'échangeur restante dans la zone z_{max_ech} du ballon de stockage	-	
$V_{p\_eq}(h)$	Volume puisé équivalent au pas de temps courant	m ³	
Nb_{iter_vp}	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-	
a	Numéro de la zone du ballon pour laquelle on compare sa température avec toutes celles des zones qui lui sont supérieures	-	
i	Itération au cours d'un pas de temps h	-	
$V_{p\_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	m ³	
$V_b(i)$	Volume brassé lors de l'itération j	m ³	
$V_{b\_report}(j)$	Volume brassé non couvert, reporté à l'itération j suivante	m ³	
$Q_{sto\_fou\_ch}$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	15
$V_{p\_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	m ³	65
$\Delta_{DeltaTech}$	Ecart de température nominal entre entrée et sortie de l'échangeur raccordé au réseau ECS	°C	2,5
$\Delta_{Thyst\_PAC\_CO2}$	Hystérésis des thermostats du ballon de stockage commandant la PAC CO2	°C	2,5
$\Delta_{Thyst\_PAC\_Eau/Eau}$	Hystérésis des thermostats du ballon de stockage commandant la PAC Eau/Eau	°C	2

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

16.21.3.2 Module PAC CO2

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont	°C
	θ_{aval}	Température de la source aval	°C
Génération	$Q_{\text{req\_ball\_PAC\_CO2}}$	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par la PAC CO2	Wh
	$Q_{\text{req\_inst\_PAC\_CO2}}$	Énergie instantanée requise à fournir par la pac CO2	Wh

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS	Ent			3
	Cat	Catégorie de générateur : 503 : générateur thermodynamique à compression électrique	Ent			503
	Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
	$\text{Id}_{\text{fluide\_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	1
	$\text{Id}_{\text{fluide\_amont}}$	Nature de la source amont : 1 : eau (ou eau glycolée)	Ent	1	3	1
	Syst_thermo_ecs	Technologie du générateur en chauffage : 6: PAC eau glycolée/eau	Ent	1	-	
	$\{\theta_{\text{aval}}(i)_{\text{PAC\_CO2}}\}$	Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	Voir selon technologie
	$\{\theta_{\text{amont}}(j)_{\text{PAC\_CO2}}\}$	Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
	$N_{\theta_{\text{aval}}}$	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
	$N_{\theta_{\text{amont}}}$	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
	Statut_données_Pac_CO2	Statut des performances à pleine charge renseignées : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées						
	$\{\text{StatutCOP}(i,j)_{\text{PAC\_CO2}}\}$	Matrice des statuts de données : 1 : valeurs de $\text{ValCOP}(i,j)$ et $\text{ValPabs}(i,j)$ certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
	$\{\text{COP}(i,j)_{\text{PAC\_CO2}}\}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction	{-}	0	$+\infty$	
	$\{\text{P}_{\text{abs}}(i,j)_{\text{PAC\_CO2}}\}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$	

Saisie des performances déclarées ou par défaut

StatutCOP _{pivot_PAC_CO2}	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
COP _{pivot_PAC_CO2}	Valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	+∞	-
Pabs_pivot_PAC_CO2	Valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	kW	0	+∞	-

Fonctionnement à charge partielle

Statut_fonct_part_PAC_CO2	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr_PAC_CO2	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
Statut_fonct_continu_PAC_CO2	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
CcpLRcontmin_PAC_CO2	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	1
LRcontmin_PAC_CO2	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	0,4
Deq	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5

Puissance d'auxiliaires de la machine

Statut_Taux_PAC_CO2	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	2	
Taux_PAC_CO2	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	Réel	0	1	0,02

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R _{dim_PAC_CO2}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
Q _{fou_PAC_CO2}	Energie totale effectivement fournie par la PAC CO2	Wh
Q _{fou_ball_PAC_CO2}	Energie totale effectivement fournie au ballon de stockage par la PAC CO2.	Wh
Q _{fou_inst_PAC_CO2}	Energie instantanée effectivement fournie par la PAC CO2 en mode chauffage ou ECS.	Wh
Q _{cons_PAC_CO2}	Consommation horaire de la PAC CO2 pour fournir l'énergie requise	Wh
Q _{sout_PAC_Eau_Eau}	Énergie soutirée au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau	Wh
Q _{w_sto_unit_report}	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon corrigé de l'énergie instantanée fournie par le PAC CO2	Wh
Q _{rest_ch}	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh

P_{aux,pro_PAC_CO2}	Puissance des auxiliaires	W		
$\tau_{charge\_PAC\_CO2}$	Taux de charge de la PAC CO2 pour fournir l'énergie requise	Réel		
$Val\_util\_max\_PAC\_CO2$	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée	Réel		2,2
$R_{puis\_dispo\_PAC\_CO2}(h)$	Ratio de puissance disponible de la PAC CO2	Réel	[0;1]	-

Variables internes

Nom	Description	Unité		
$ValCOP(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation du COP au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-		-
$ValPabs(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-		-
$P_{aux\_PAC\_CO2}(h)$	Puissance des auxiliaires	W	0	$+\infty$
$Val\_util\_max_{PAC\_CO2}$	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée	Réel		2,2
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	min		26

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.

16.21.3.3 Module PAC eau/eau

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont de type sol.	°C
	θ_{aval}	Température de la source aval	°C
Génération	$Q_{\text{req\_PAC\_Eau\_Eau}}$	Énergie requise à soutirer par la PAC Eau/Eau à la zone z=1 du ballon de stockage	Wh
	$Q_{\text{fou\_ball\_max\_PAC\_Eau\_Eau}}$	Énergie maximale pouvant être fournie par la PAC Eau/Eau aux zones 3 et 4 du ballon de stockage pour ne pas dépasser $\theta_{\text{etamax\_av\_PAC\_Eau\_Eau}}$	Wh
	$Q_{\text{rest\_ch}}$	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS	Ent			3
	Cat	Catégorie de générateur : 503 : générateur thermodynamique à compression électrique	Ent			503
	Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
	$\text{Id}_{\text{fluide\_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	1
	$\text{Id}_{\text{fluide\_amont}}$	Nature de la source amont : 1 : eau (ou eau glycolée)	Ent	1	3	1
	Syst_thermo_ecs	Technologie du générateur en chauffage : 6: PAC eau glycolée/eau	Ent	1	-	
	$\{\theta_{\text{aval}}(i)_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}\}$	Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	Voir selon technologie
	$\{\theta_{\text{amont}}(j)_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}\}$	Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
	$N_{\theta_{\text{aval}}}$	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
	$N_{\theta_{\text{amont}}}$	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
	Statut_données_PC_PAC_Eau_Eau	Statut des performances à pleine charge renseignées : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées						
	$\{\text{StatutCOP}(i,j)_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}\}$	Matrice des statuts de données : 1 : valeurs de $\text{ValCOP}(i,j)$ et $\text{ValPabs}(i,j)$ certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	

$\{COP(i,j)_{PAC\_Eau\_Eau}\}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction	{-}	0	$+\infty$
$\{P_{abs}(i,j)_{PAC\_Eau\_Eau}\}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$

Saisie des performances déclarées ou par défaut

StatutCOP _{pivot} _{PAC_Eau_Eau}	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
COP _{pivot} _{PAC_Eau_Eau}	Valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
P _{abs_pivot} _{PAC_Eau_Eau}	Valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	kW	0	$+\infty$	-

Limites de fonctionnement de la machine

$\theta_{max\_av\_PAC\_Eau\_Eau}$	Température maximale aval en mode chauffage ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	0	100	-

Fonctionnement à charge partielle

Statut_fonct_part_PAC_Eau_Eau	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr_PAC_Eau_Eau	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
Statut_fonct_continu_PAC_Eau_Eau	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Ccp _{LRcontmin} _{PAC_Eau_Eau}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	
LR _{contmin} _{PAC_Eau_Eau}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
Paux_PAC_Eau_Eau	Puissance des auxiliaires	W	0	1	
D _{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D _{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	Voir § 8.23

Puissance d'auxiliaires de la machine

Statut_Taux_PAC_Eau_Eau	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Taux_PAC_Eau_Eau	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	Réel	0	1	

Préprocesseur : composition des matrices de performance

$\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs ($\theta_{aval} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{aval} = \theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			Voir selon technologie
$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{am} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{am} = \theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			
$\{Cnn_{av\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de COP ($\theta_{aval} = \theta_j$) à COP($\theta_{aval} = \theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			
$\{Cnn_{am\_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de COP($\theta_{am} = \theta_j$) à COP($\theta_{am} = \theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Rdim_PAC_Eau_Eau	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Q_{fou\_PAC\_Eau\_Eau}$	Energie totale effectivement fournie par la PAC Eau/Eau.	Wh	0		
$Q_{fou\_ball\_PAC\_Eau\_Eau}$	Energie totale effectivement fournie au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau.	Wh	0		
$Q_{fou\_inst\_PAC\_Eau\_Eau}$	Energie instantanée effectivement fournie par la PAC Eau/Eau en mode chauffage.	Wh	0		
$Q_{cons\_PAC\_Eau\_Eau}$	Consommation horaire de la PAC Eau/Eau pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Wh	0		
$Q_{sout\_PAC\_Eau\_Eau}$	Énergie soutirée au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau	Wh	0		
Q_{rest_ch}	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le chauffage.	Wh	0		
$\{Q_{ceff}(fonct.;en.)\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	0		
$W_{aux,pro\_PAC\_Eau\_Eau}$	Consommation des auxiliaires pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Wh	0		
$\tau_{charge\_PAC\_Eau\_Eau}$	Taux de charge de la PAC Eau/Eau pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Réel	0	1	
$W_{aux\_pro\_PAC\_Eau\_Eau}$	Consommation des auxiliaires pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Wh	0		
$R_{puis\_dispo\_PAC\_Eau\_Eau}$	Ratio de puissance disponible de la PAC Eau/Eau	Ent	0	1	

Variables internes

Nom	Description	Unité
$i_{\theta am1} \ i_{\theta am2}$	Indices pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	Ent
θ_{am1}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
θ_{am2}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
$i_{\theta av1} \ i_{\theta av2}$	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	entier
θ_{av1}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
θ_{av2}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
$C_{\theta am}$	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	réel
$C_{\theta av}$	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	réel

LR_{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-	
COP_{pc} COP_{LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-	
COP_{pc_net} $COP_{LRcontminnet}$ COP_{LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-	
P_{fou_pc} $P_{fou\_LRcontmint}$ P_{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W	
P_{abs_pc} P_{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W	
P_{comp_PC} $P_{comp\_LRcontmint}$ P_{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W	
$P_{fou\_pc\_brut}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W	
P_{aux}	Puissance appelée par les auxiliaires	W	
P_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W	
$C_{cpLRcontmin\_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-	
Q_{reqact}	Energie requise ramenée une machine parmi les R_{dim} identiques	W	
$Q_{restact}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh	
$Val\_util\_maxPAC\_Eau\_Eau$	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée		3,7

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 417 : Nomenclature du modèle

16.21.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.21.4.1 Module « Ballon stockage »

16.21.4.1.1 Volume Vz et Vz min

$$V1 = V2 = V3 = V4 = \frac{V_{tot}}{4} \quad (3314)$$

Le volume de la plus petite zone est alors :

$$V_{zmin} = \text{Min}[Vz] \quad (3315)$$

16.21.4.1.1.1 Nombre d'itérations Nbiter pour le calcul de la boucle

$$Nb_{iter} = \text{Arrondi.inf} \left(\frac{V_{tot}}{V_{zmin}} \right) \quad (3316)$$

16.21.4.1.1.2 Coefficients de pertes thermique Uz



Pour z allant de 1 à 4 :

$$Uz = UA_{utile} * \frac{Vz}{V_{tot}} \quad (3317)$$

16.21.4.1.1.3 Température Tz

Au premier pas de temps, l'eau technique contenue au niveau du stockage est considérée aux températures suivantes :

$$T_1(h-1) = T_1(h) = T_{cons\_ball_{z1}} \quad (3318)$$

$$T_2(h-1) = T_2(h) = \frac{T_{cons\_ball\_PAC\_eau\_eau} + T_{cons\_ball\_PAC\_CO2}}{2} \quad (3319)$$

Pour z=3 à 4 :

$$T_z(h-1) = T_z(h) = T_{cons\_ball\_PAC\_CO2} \quad (3320)$$

16.21.4.1.1.4 Pertes thermiques Pez et Pe

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées par zone à partir des températures initialisées précédemment :

Pour z=1 à 4 :

$$P_{ez} = U_z * (T_z(h) - T_{amb}) \quad (3321)$$

$$P_e = \sum_1^4 P_{ez} \quad (3322)$$

16.21.4.2 Module « PAC Eau/Eau »

16.21.4.2.1 Matrice d'interpolation

La matrice définie au §8.23.3.4.4 de la méthode Th-BCE 2020 servant à interpoler le COP et la puissance absorbée P_{abs} a été adaptée pour répondre aux spécificités du système en ajoutant deux températures θ_{amont} (28,5°C et 48,5°C) :

			Matrice d'interpolation						
			Tretour	5	10	15	20	30	50
			Tdépart	2	7	12	17	27	47
			θ _{amont} (°C)	3,5	8,5	13,5	18,5	28,5	48,5
			Priorité	6	1	2	3	4	5
θ _{aval} (°C)	5	7							
	15	5							
	25	3							
	35	2							
	45	1		Pivot					
	55	4							
	65	6							

16.21.4.2.2 Matrice de performance COP

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale

- à $0,9 \times \text{valeur justifiée}$,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $\text{MIN}(0,8 \times \text{Valeur déclarée}, \text{Val\_util\_max}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}})$,
- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $0,8 \times \text{Val\_util\_max}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}$.

$\text{Val\_util\_max}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}$ est définie égale à 3,7.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à $0,9 \times \text{valeur justifiée}$,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction C_{nn} explicités ci-après.

Coefficients de correction C_{nn}

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C non définies initialement dans la matrice d'interpolation (28,5°C et 48,5°C) sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam\_COP}(X; 8,5) = 1 + 0,02 \times (X - 8,5) \quad (3323)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance COP					
Tretour		5	10	15	20	30	50
Tdépart		2	7	12	17	27	47
θ_{amont} (°C)		3,5	8,5	13,5	18,5	28,5	48,5
Priorité		6	1	2	3	4	5
θ_{aval} (°C)	5	7		1,80			
	15	5		1,60			

	25	3		1,40				
	35	2		1,20				
	45	1	0,90	Pivot	1,10	1,20	1,40	1,80
	55	4		0,80				
	65	6		0,60				

16.21.4.2.3 Matrice des puissances absorbées

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation de la puissance absorbée de 1% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C non définies initialement dans la matrice d'interpolation (28,5°C et 48,5°C) sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam\_Pabs}(X; 8,5) = 1 + 0,01 \times (X - 8,5) \quad (3324)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées					
Tretour		5	10	15	20	30	50
Tdépart		2	7	12	17	27	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C})$		3,5	8,5	13,5	18,5	28,5	48,5
Priorité		6	1	2	3	4	5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	5	7		1,40			
	15	5		1,30			
	25	3		1,20			
	35	2		1,10			
	45	1	0,95	Pivot	1,05	1,10	1,20
	55	4		0,90			
	65	6		0,80			

16.21.4.2.4 Puissance des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, $P_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$ (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, $T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$:

$$P_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}} = P_{\text{abs\_pivot}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}} \times T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}} \quad (3325)$$

Le statut de la valeur de $T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$ (Statut_ $T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$) peut correspondre aux trois cas suivants :

- 1) Valeur certifiée : la valeur du $T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$ est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,
- 2) Valeur justifiée : la valeur du $T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$ est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,
- 3) Valeur par défaut : la valeur du $T_{\text{aux}_{\text{PAC\_Eau\_Eau}}}$ est prise égale à 0,02.

16.21.4.3 Module « PAC CO2 »

16.21.4.3.1 Matrice d'interpolation

La matrice définie au §8.23.3.4.1 de la méthode Th-BCE 2020 servant à interpoler le COP et la puissance absorbée P_{abs} a été adaptée pour répondre aux spécificités du système. La température

θ_{aval} est la température de l'eau située en zone $z=1$ du stockage.

			Matrice d'interpolation					
			$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C})$	-7	2	7	20	35
			Priorité	3	4	1	2	5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	2	4						
	10	2						
	15	1			Pivot			
	20	3						
	26	5						
	50	6						

Pour l'ensemble des valeurs saisies, la température de l'eau en sortie d'échangeur de la PAC CO_2 doit être supérieure ou égale à 65°C .

16.21.4.3.2 Matrice de performance COP

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à $0,9 \times \text{valeur justifiée}$,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $\text{MIN}(0,8 \times \text{Valeur déclarée}, \text{Val\_util\_max}_{\text{PAC\_CO}_2})$,
- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $0,8 \times \text{Val\_util\_max}_{\text{PAC\_CO}_2}$.

$\text{Val\_util\_max}_{\text{PAC\_CO}_2}$ est définie égale à 2,2.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme

d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Pour θ_{amont} , les coefficients de correction en fonction de la température à la source sont pris identiques à ceux définis par la méthode Th-BCE. Pour θ_{aval} , la méthode de calcul Th-BCE définit par défaut une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température aval au point pivot. Le coefficient de correction à une température aval X°C est donc recalculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nav\_COP}}(X; 15) = 1 + 0,02 \times (15 - X) \quad (3326)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice de performance COP					
			θ_{amont} (°C)	-7	2	7	20	35
			Priorité	3	4	1	2	5
θ_{aval} (°C)	2	4				1,26		
	10	2				1,10		
	15	1	0,50	0,80	Pivot	1,25	1,50	
	20	3			0,90			
	26	5			0,78			
	50	6			0,30			
			16.21.4.3.3 Matrice des puissances absorbées					

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Pour θ_{amont} , les coefficients de correction en fonction de la température à la source sont pris identiques à ceux définis par la méthode Th-BCE. Pour θ_{aval} , la méthode de calcul Th-BCE définit par défaut une variation de la puissance absorbée de 1% par °C d'écart avec la température aval au point pivot. Le coefficient de correction à une température aval X°C est donc recalculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nav\_Pabs}}(X; 15) = 1 + 0,01 \times (15 - X) \quad (3327)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice des puissances absorbées					
			θ_{amont} (°C)	-7	2	7	20	35
			Priorité	3	4	1	2	5
θ_{aval} (°C)	2	4			1,13			
	10	2			1,05			
	15	1	0,86	0,95	Pivot	1,13	1,28	
	20	3			0,95			
	26	5			0,89			

	50	6			0,65		

16.21.4.3.4 Puissance des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, $P_{aux_{PAC\_CO2}}$ (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, $Taux_{PAC\_CO2}$:

$$P_{aux_{PAC\_CO2}} = P_{abs\_pivot_{PAC\_CO2}} \times Taux_{PAC\_CO2} \quad (15)$$

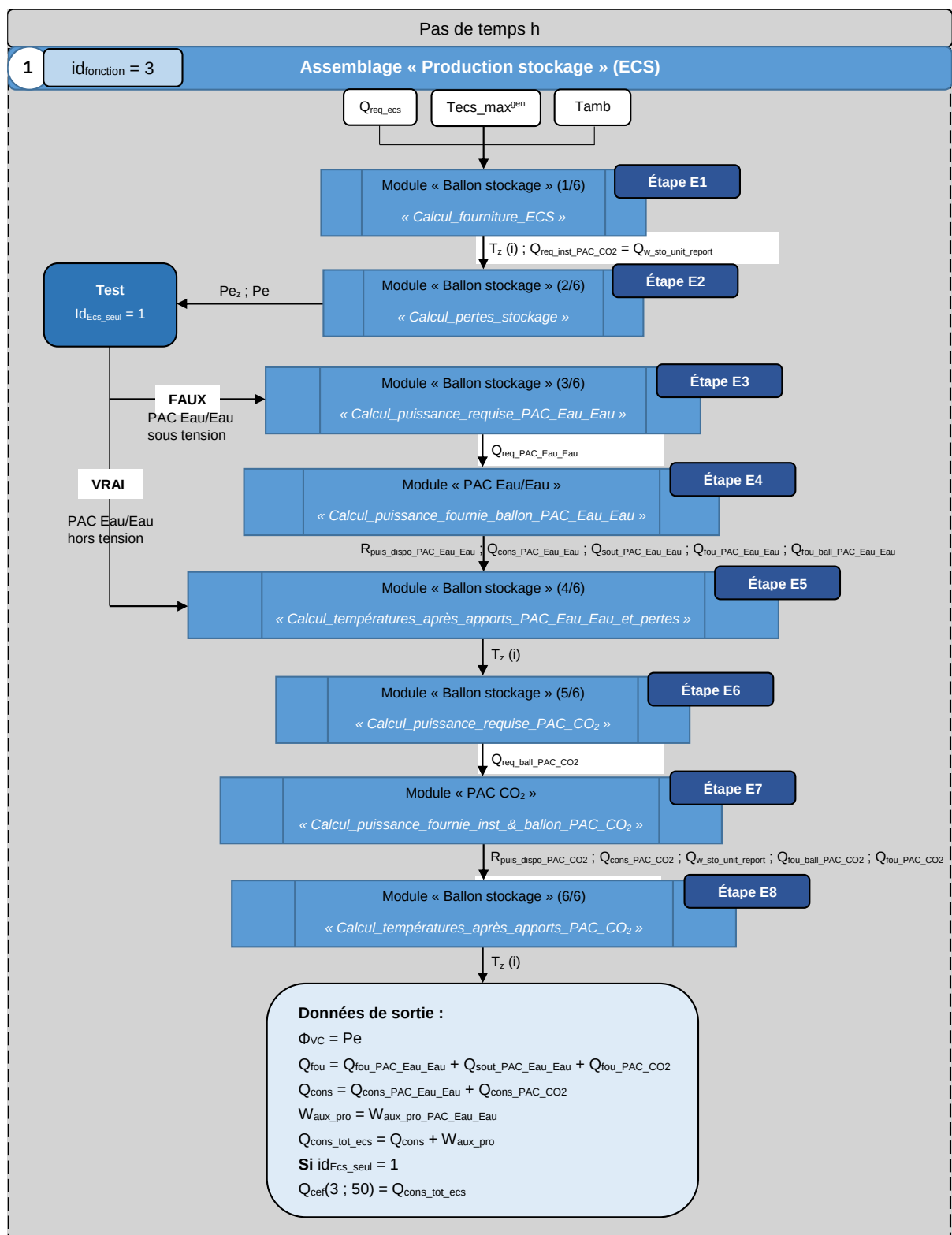
Le statut de la valeur de $Taux_{PAC\_CO2}$ (Statut_ $Taux_{PAC\_CO2}$) peut correspondre aux trois cas suivants :

- 1) Valeur certifiée : la valeur du $Taux_{PAC\_CO2}$ est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,
- 2) Valeur justifiée : la valeur du $Taux_{PAC\_CO2}$ est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,
- 3) Valeur par défaut : la valeur du $Taux_{PAC\_CO2}$ est prise égale à 0,02.

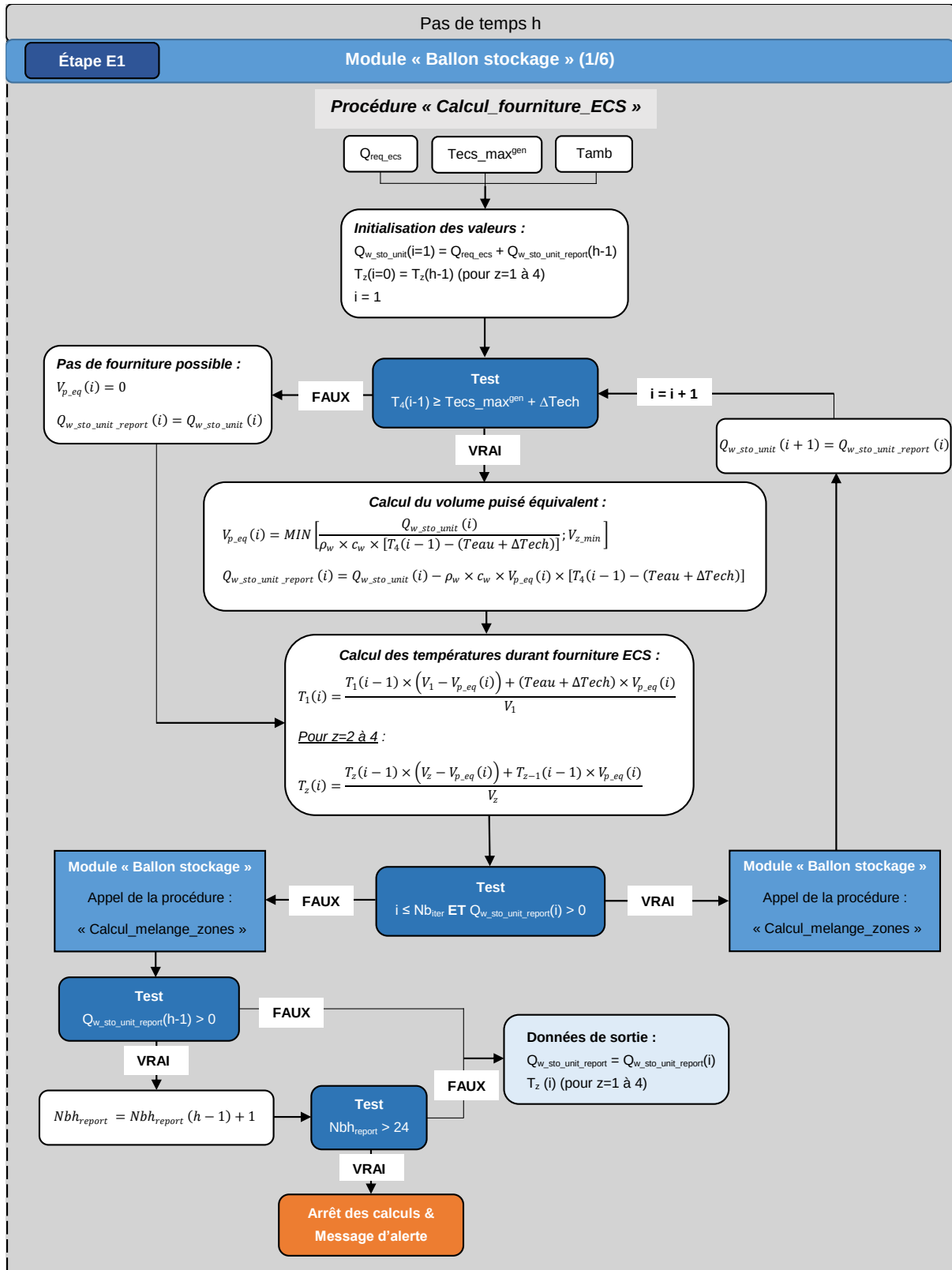
16.21.4.4 Algorithme de prise en compte au pas horaire

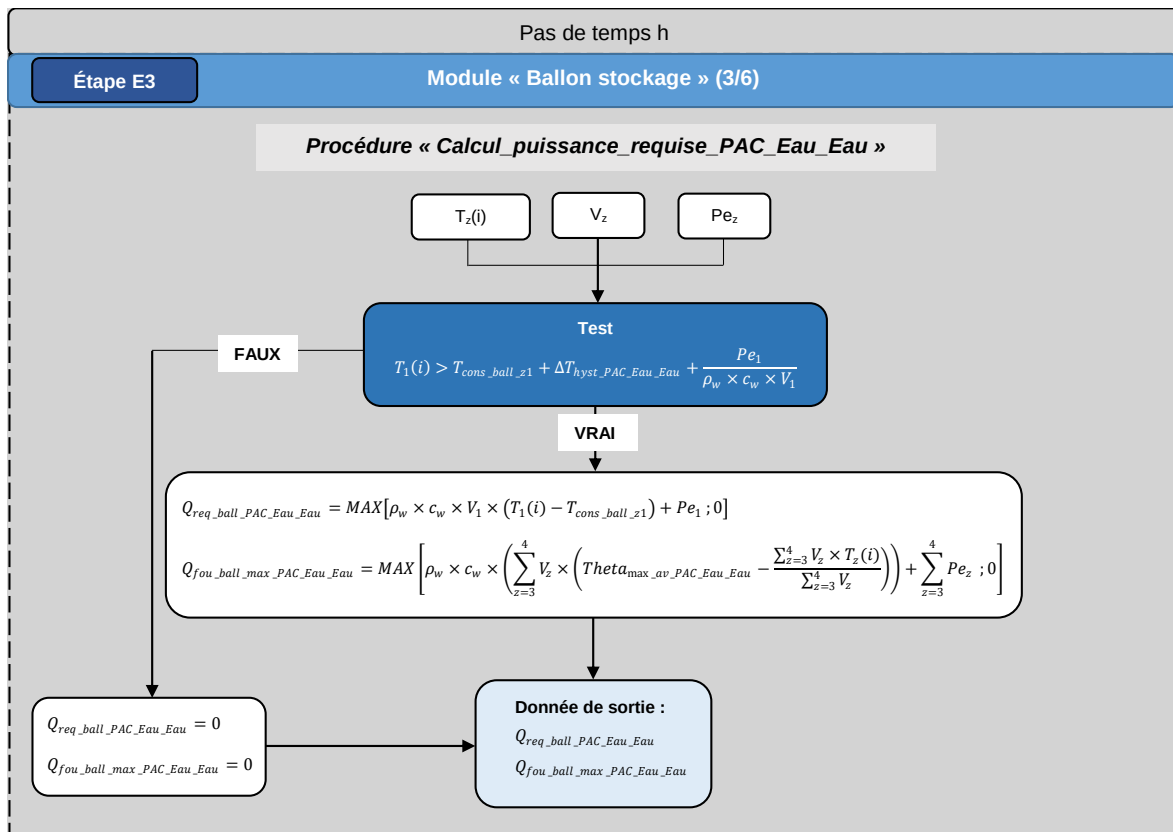
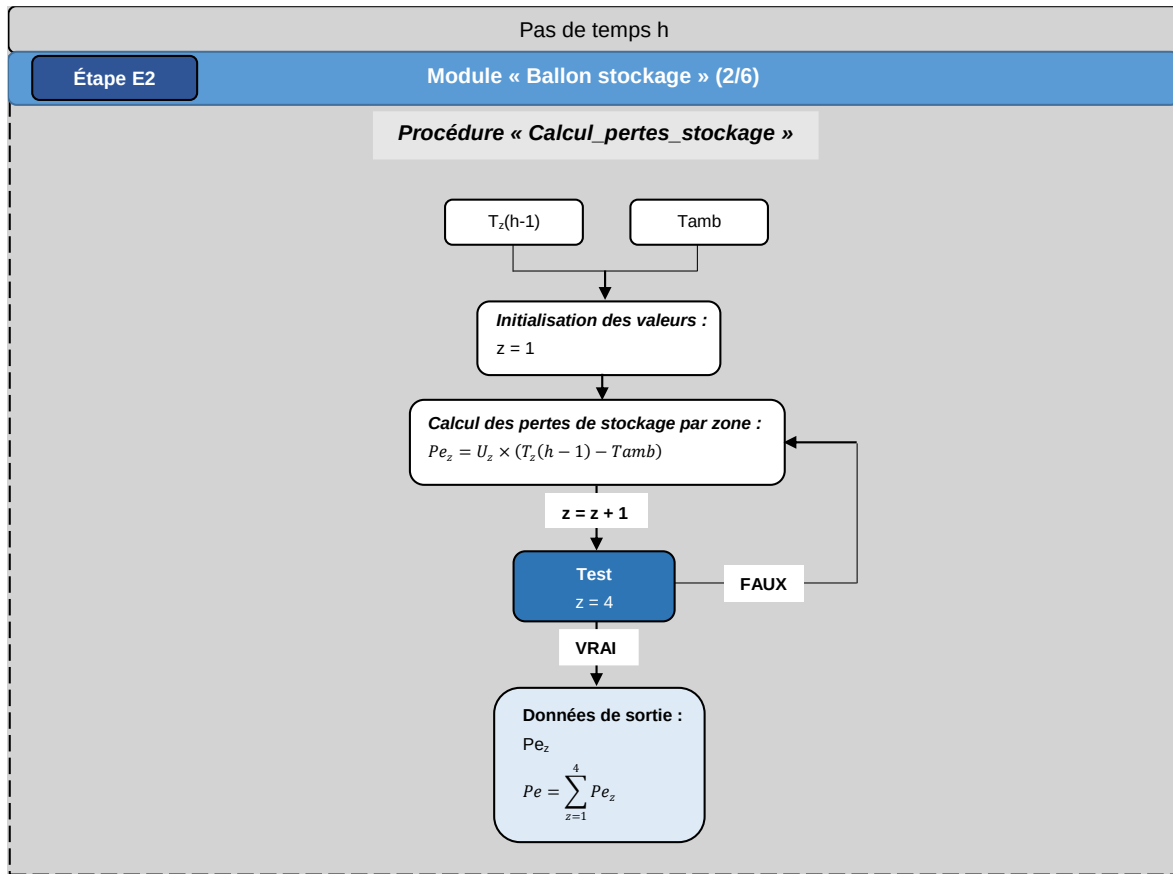
16.21.4.4.1 Fonctionnement en mode ECS

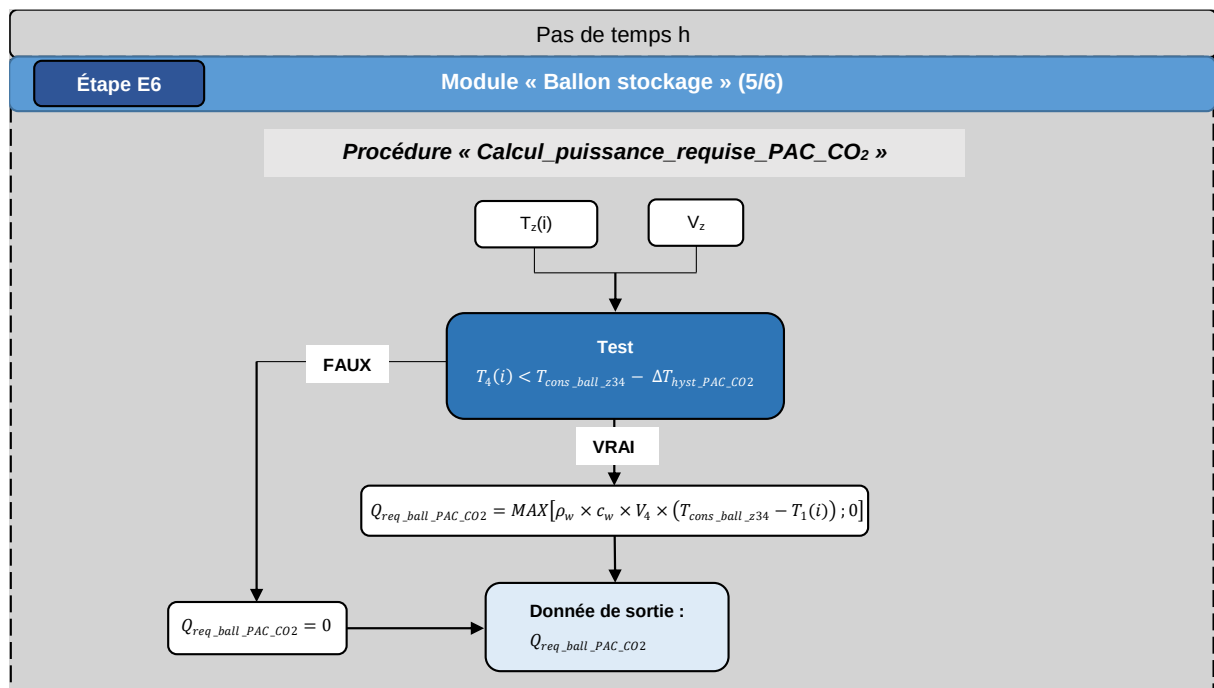
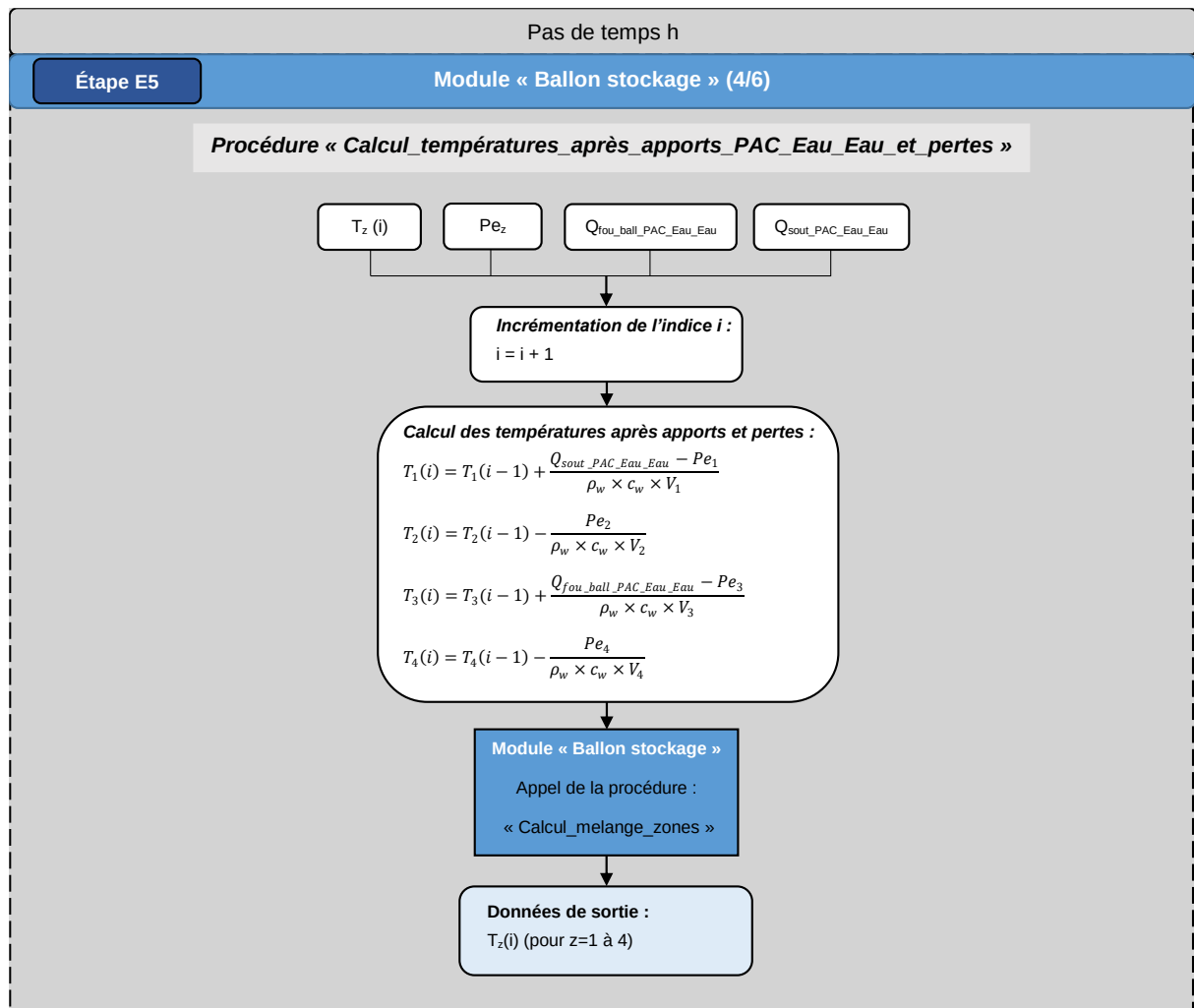
16.21.4.4.1.1 Assemblage « Production stockage »



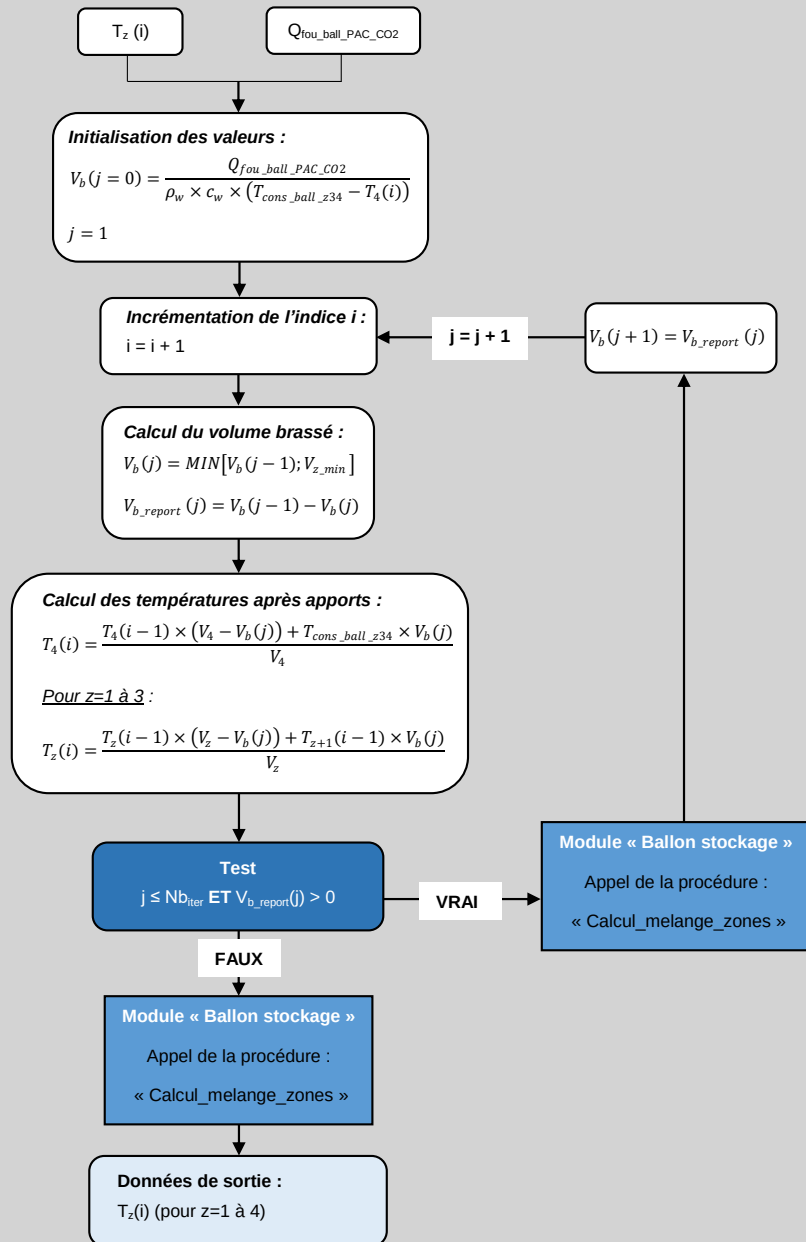
16.21.4.4.1.2 Module « Ballon stockage »



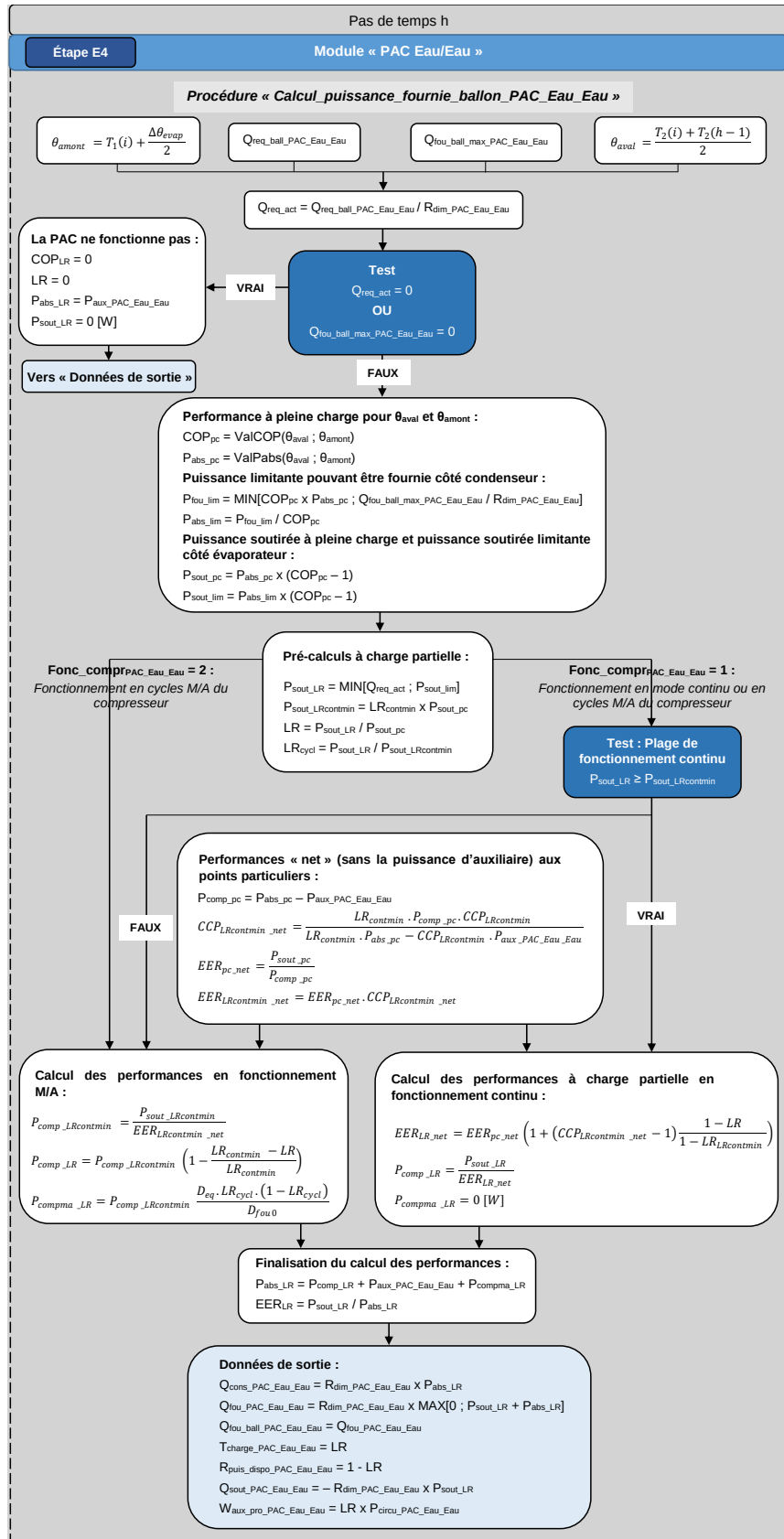




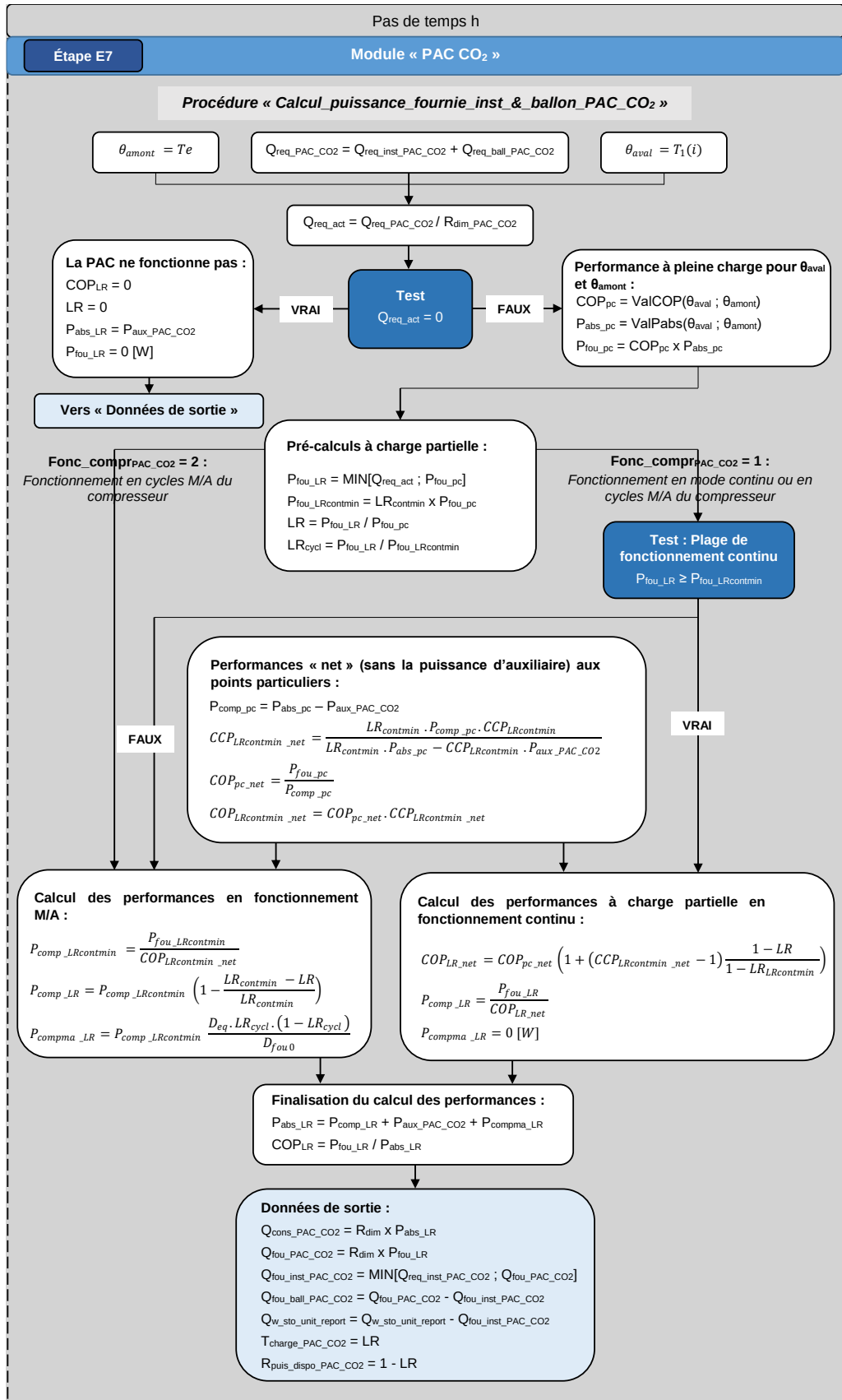
Procédure « Calcul_températures_après_apports_PAC_CO₂ »



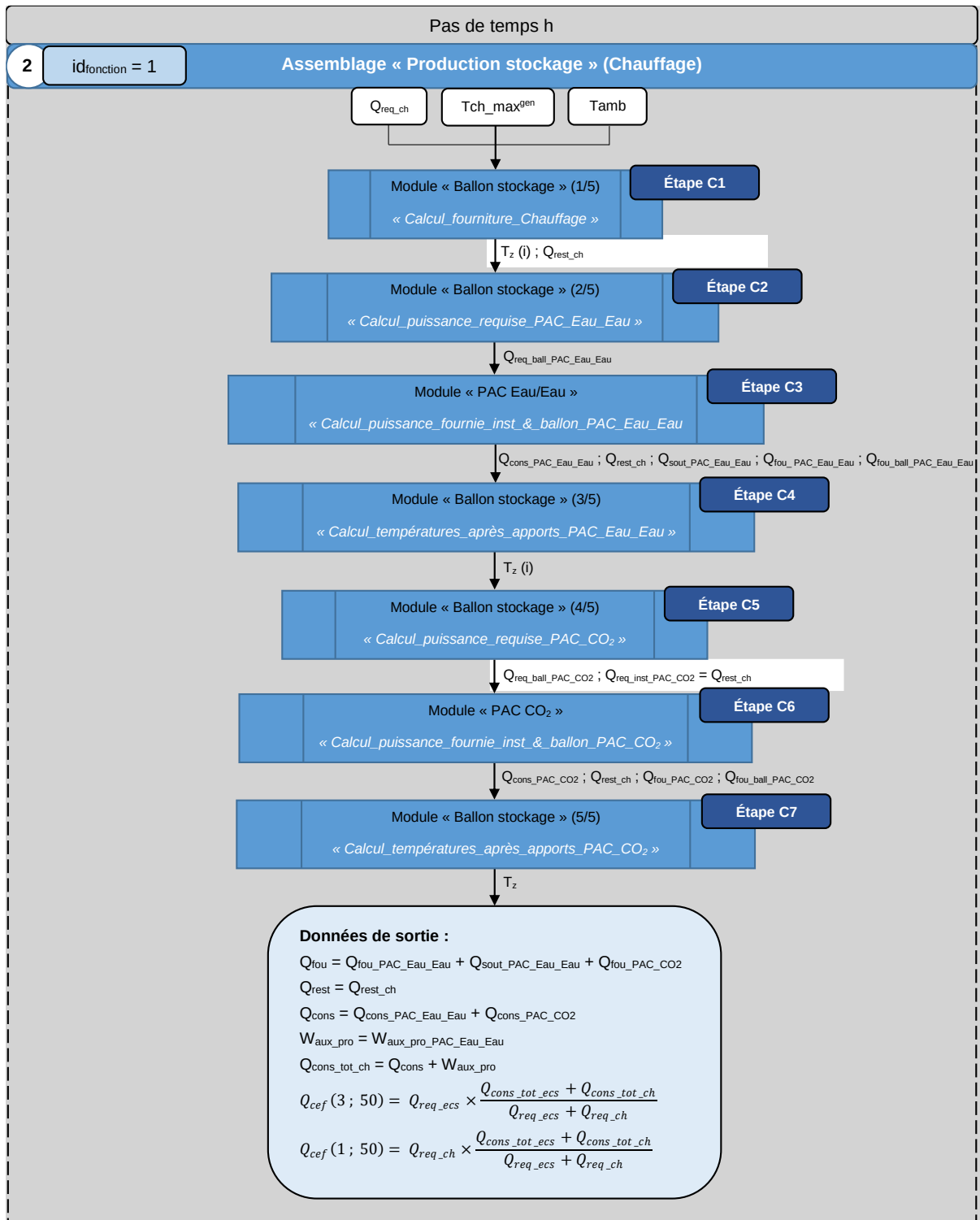
16.21.4.4.1.3 Module « PAC Eau/Eau »



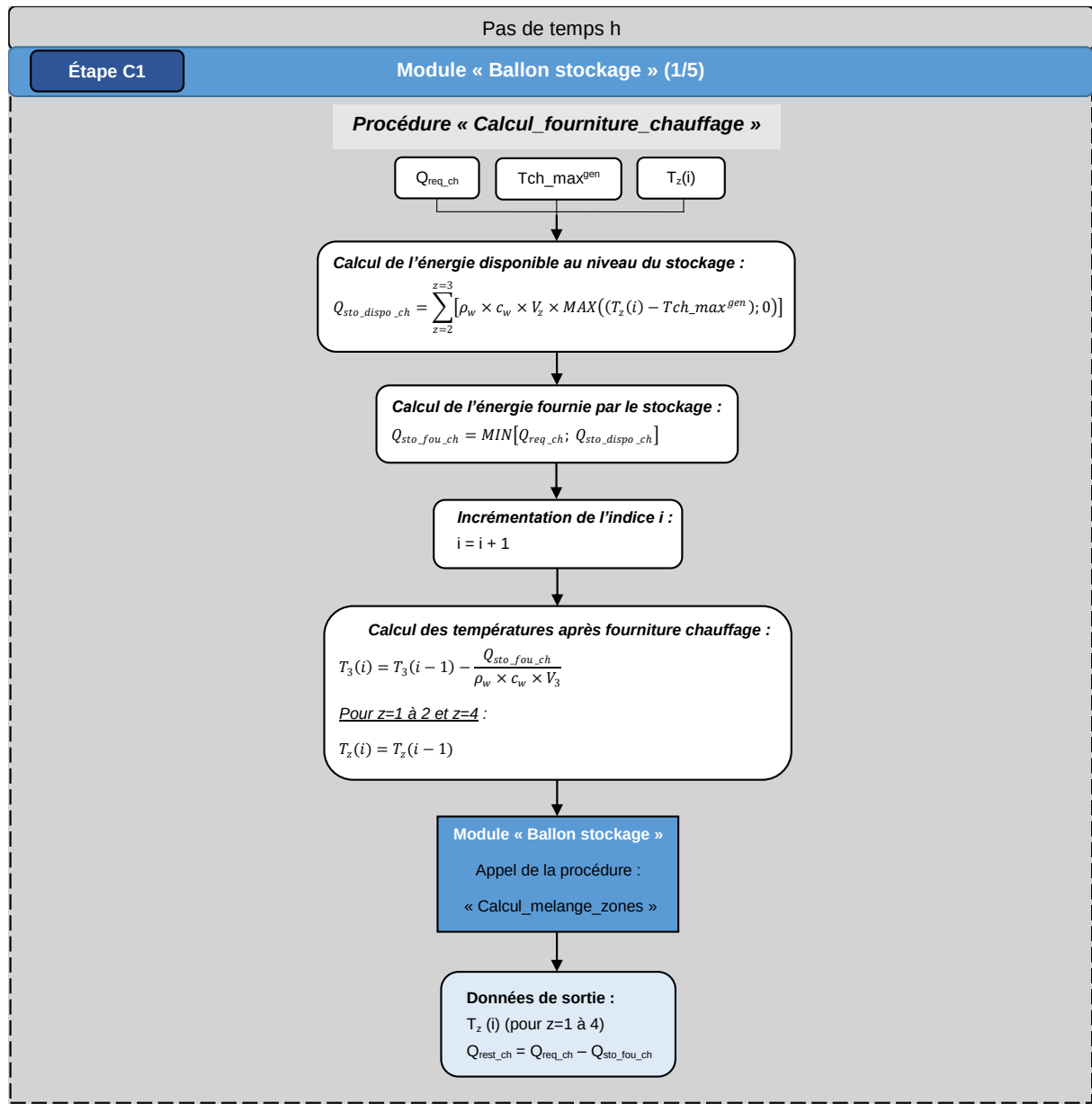
16.21.4.4.1.4 Module « PAC CO₂ »

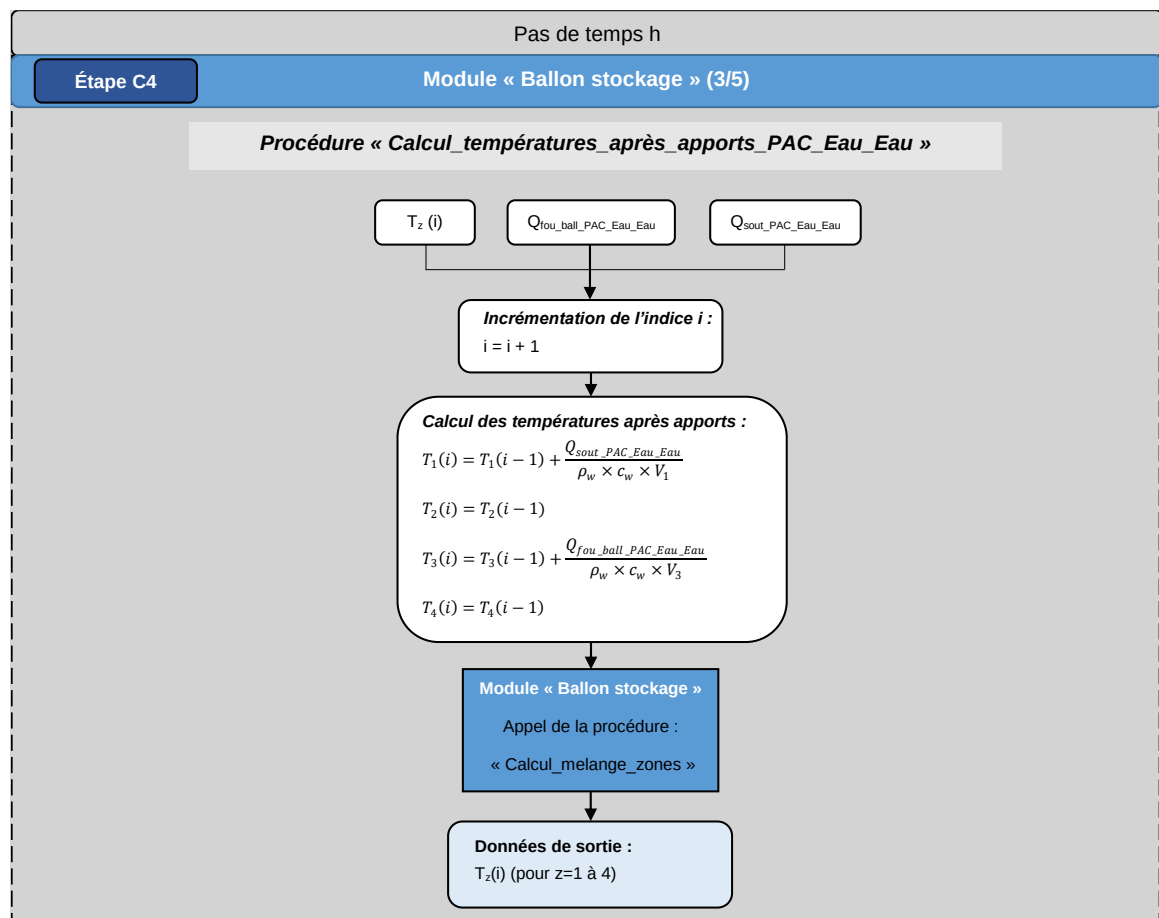
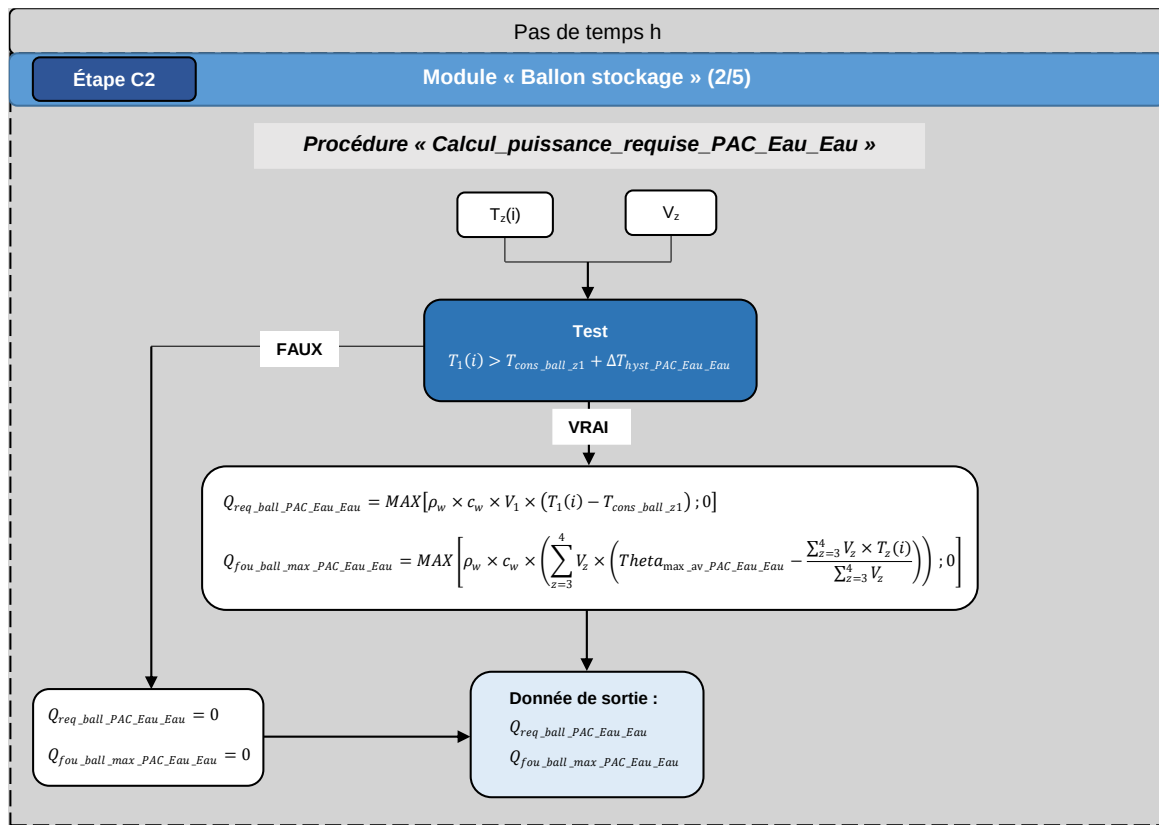


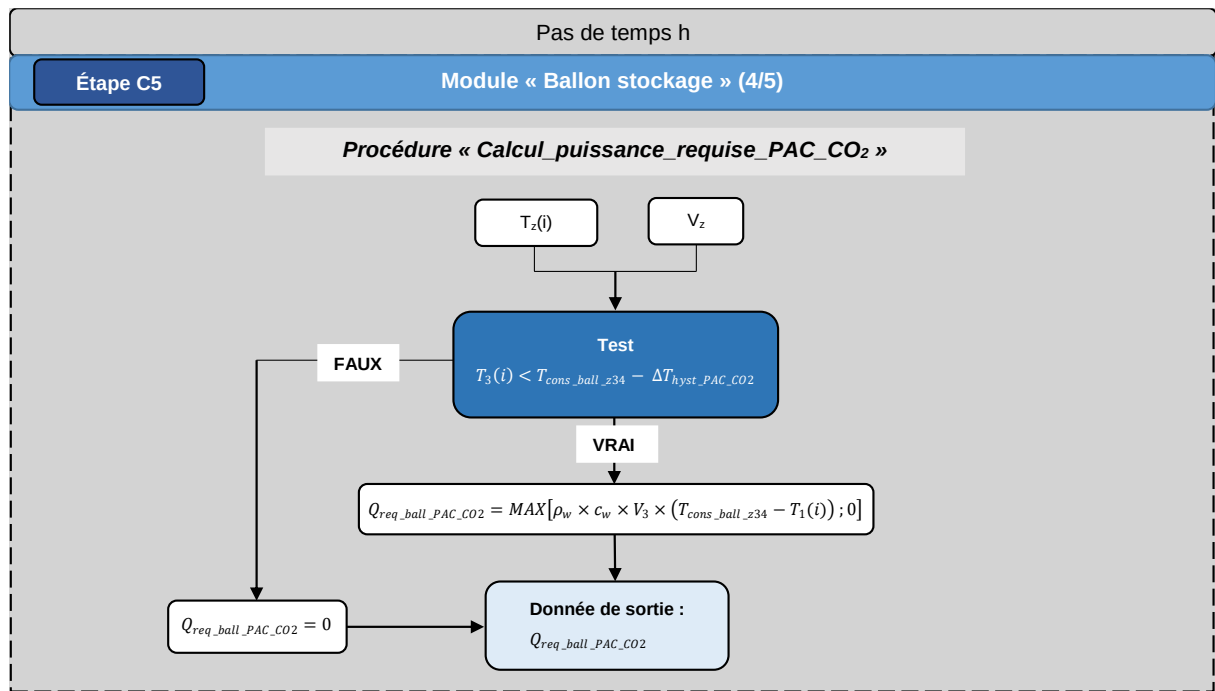
16.21.4.4.2.1 Assemblage « Production stockage »



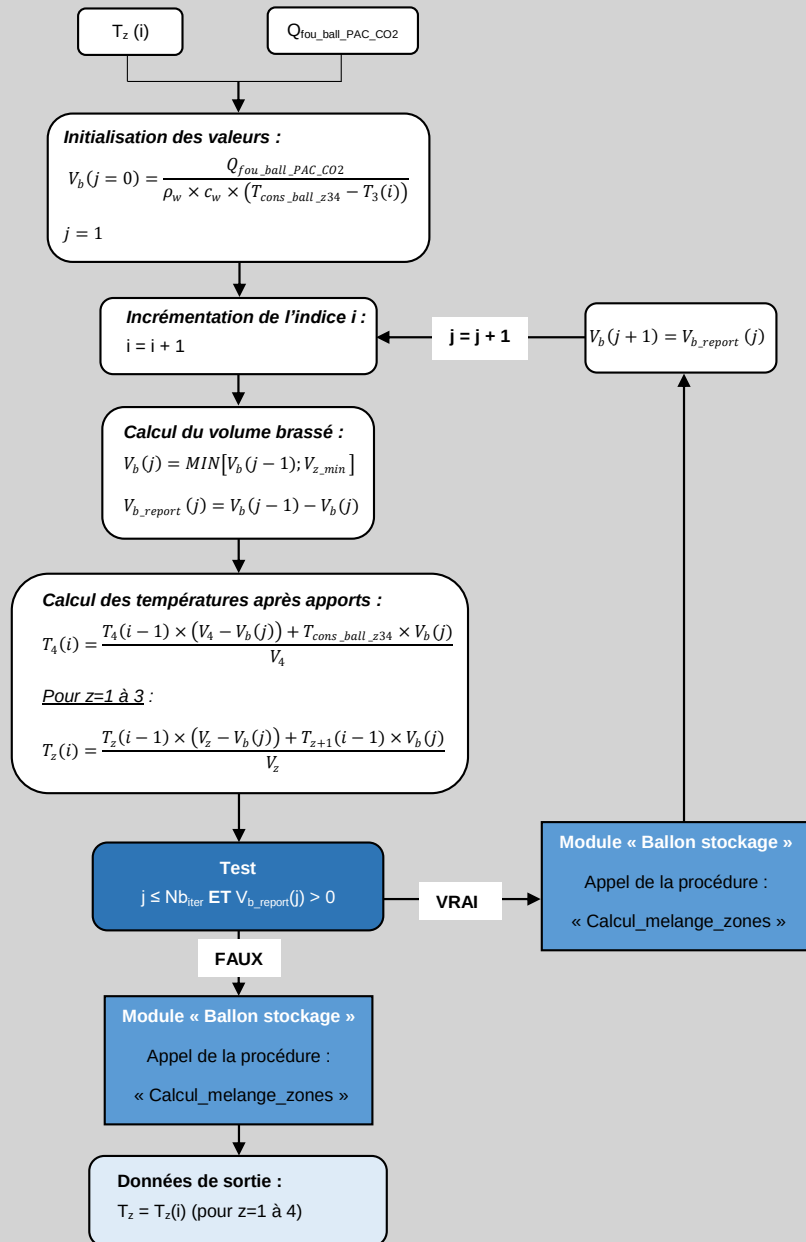
16.21.4.4.2.2 Module « Ballon stockage »



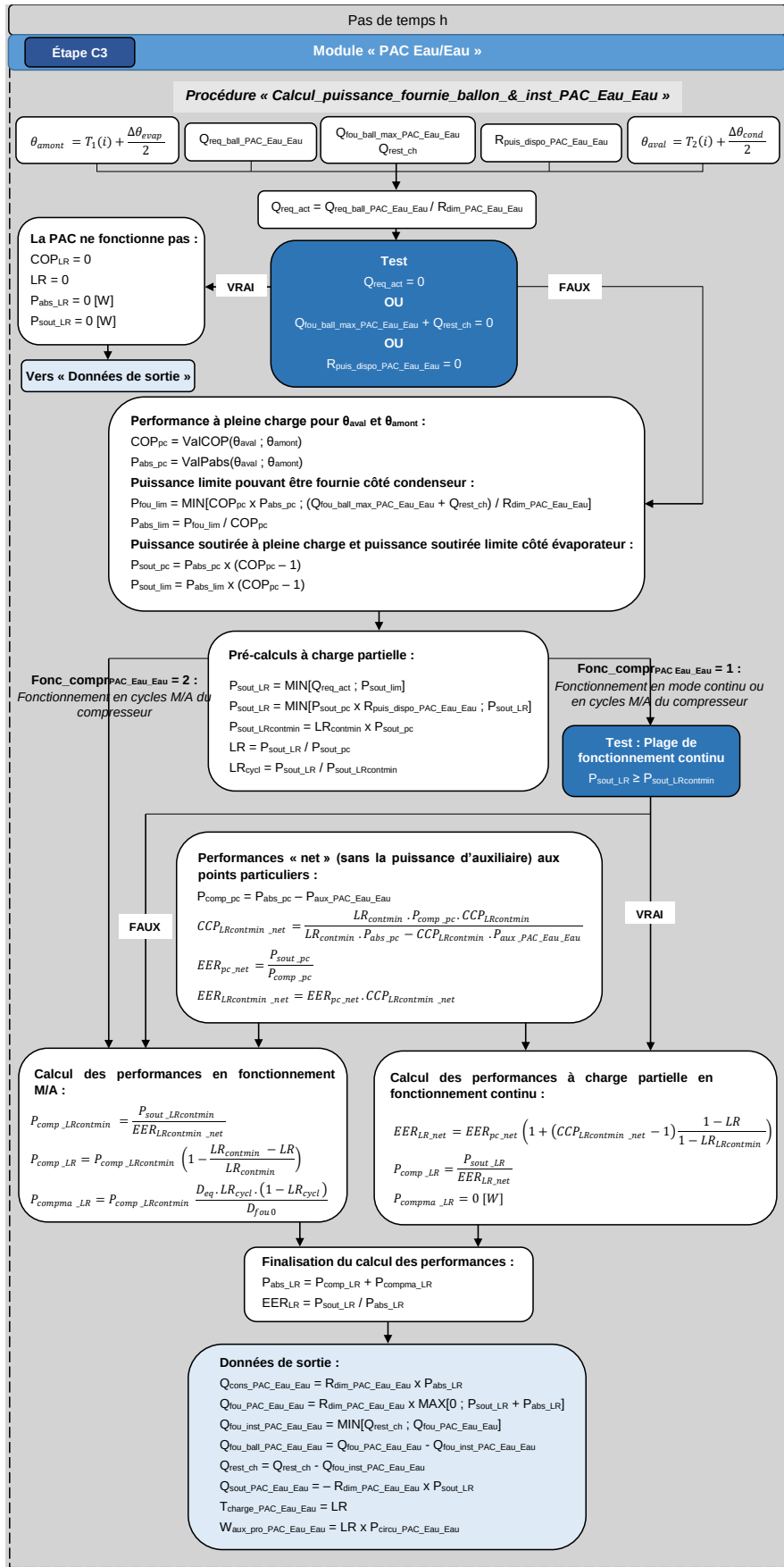




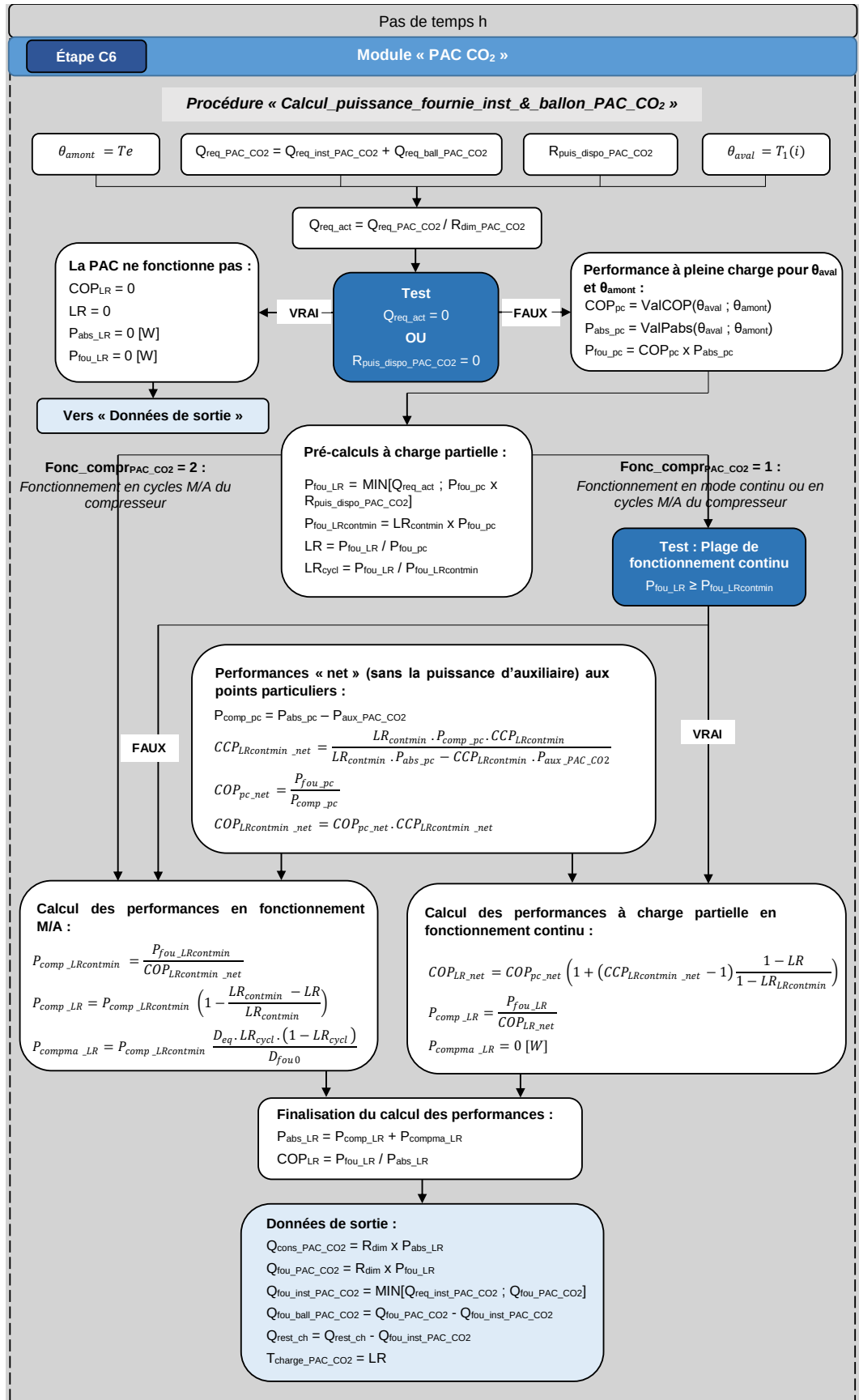
Procédure « Calcul_températures_après_apports_PAC_CO₂ »



16.21.4.4.2.3 Module « PAC Eau/Eau »



16.21.4.4.2.4 Module « PAC CO2 »



16.22 C_GEN_TWIDO production ECS photovoltaïque

16.22.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des systèmes TWIDO dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Les systèmes « TWIDO » sont des chauffe-eau permettant de produire et de stocker de l'eau chaude sanitaire via une source de production solaire par panneaux photovoltaïques.

Ces systèmes sont composés de 3 ou 4 ballons de stockage (d'une capacité de 17 ou 34 litres) montés en série, associés à un film chauffant basse température devant maintenir la température de sortie au-dessus de 55°C. Ce film est alimenté électriquement via des panneaux photovoltaïques (PV) et complétée par le réseau électrique.

La production des PV est injectée en priorité dans le ballon en aval du système et jusqu'aux différents ballons en amont si la production est suffisante.

Un dispositif de mitigeage de l'ECS est présent directement en sortie du système.

Le modèle du système TWIDO est assimilé à celui d'un générateur.

16.22.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode s'applique à l'ensemble des bâtiments à usage d'habitation soumis à la nouvelle réglementation environnementale 2020 respectant les contraintes suivantes :

- La version de 51 L s'applique aux bâtiments consommant de 300 kWh à 2100 kWh d'ECS et doit être associée à une production PV ne dépassant pas 2100 kWh ;
- La version de 102 L s'applique aux bâtiments consommant de 300 kWh à 2700 kWh d'ECS et doit être associée à une production PV ne dépassant pas 3000 kWh ;
- La version de 136 L s'applique aux bâtiments consommant de 300 kWh à 2700 kWh d'ECS et doit être associée à une production PV ne dépassant pas 6000 kWh.

Seuls les systèmes présentant une production photovoltaïque alimentant directement la production d'ECS sans passer par le réseau électrique sont ici pris en compte.

16.22.3 NOMENCLATURE

Le *Tableau 418* donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera *h* le pas de temps de simulation et *j* le jour de simulation.

Entrées du module					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Drp*	Rayonnement direct incident	W/m ²			
Dfp*	Rayonnement diffus incident	W/m ²			
Rrp*	Rayonnement réfléchi incident	W/m ²			
θ	Angle entre le rayonnement incident direct et la normale au module en degrés	°			
Text	Température de l'air ambiant extérieur	°C			
Tciel	Température de ciel pour la prise en compte du rayonnement vers la voûte céleste	°C			
Vent	Vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Type_Techno_Capteur	Identification de la technologie des modules.	Ent.	-	5	
P _c	Puissance crête nominale garantie d'un module en condition STC : c'est la puissance crête nominale garantie des modules. Elle s'obtient en appliquant sur la puissance crête nominale des modules une tolérance de x %. X % est la tolérance sur la puissance crête nominale en condition STC qui est garantie par le fabricant de modules	W	0	0	0
Valeur_Declaree_De_faut	Caractéristiques de la technologie monocristalline 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur déclarée 2 : Valeur justifiée 3 : Valeur certifiée				
μ	Coefficient de température de la puissance crête telle que définie dans CEI61215 et CEI61646	°C ⁻¹	0	0.006	
NOCT	Température d'équilibre thermique du module telle que définie dans CEI61215 et CEI61646	°C	40	90	
Paramètres d'intégration du composant					

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque. Doit être rendu dispo en sortie aussi.	.	1	-	-
β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules.	°	0	90	
α	Azimut, de la surface plane formée par les modules	°	0	360	-
S	Surface ensoleillée du module en œuvre	m ²	0	+	-
Type_Confinement	Type de confinement thermique de la face arrière (C _i). 0 : Face Arrière Libre 1 : Face Arrière Confinée 2 : Autre	Ent.	0	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité
P _{PV}	Puissance électrique produite par le module au point de puissance maximum sur les caractéristique U-I, au pas de temps h.	W

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
P _{mpp}	La puissance MPP (au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I) d'un module en fonction du rayonnement incident efficace et de la température du module T _m .	W			
T _m	Température moyenne des modules constituant le champ photovoltaïque.	°C			
θ_1	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus de ciel depuis les modules PV. C'est une fonction de 1 variable,	°			
θ_2	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus d'albédo. C'est une fonction de 1 variable,	°			
F _{opt}	Coefficient de perte optique par réflexion. C'est une fonction de 1 variable,	.			
G	Rayonnement incident efficace dans le plan des modules C'est une fonction de 5 variables,	.			
η_{STC}	rendement électrique du module aux conditions STC	.	-	-	-
μ_{util_min}	Valeur minimale du coefficient de température de la puissance crête	°C ⁻¹	-	-	-

	lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou de valeur justifiée				
NOCT_util_min	Valeur minimale de la température d'équilibre thermique du module lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou de valeur justifiée	°C	-	-	-
Γ	Correctif basse lumière du rendement du module PV monocristallin Si (valeur saisie par défaut en fonction de la technologie)	-	0,07	0,07	
U1	Coefficient de transfert thermique entre le capteur et l'ambiance	W.m ⁻² .K ⁻¹	0	+∞	
U2	Coefficient de transfert thermique entre le capteur et la voûte céleste	W.m ⁻² .K ⁻¹	0	+∞	5
ΔTc,r	Ecart de température de référence entre la température d'air ambiant et la voûte céleste	°C	-50	+50	-13°C
C _T	Le degré de confinement thermique de la face arrière des modules ; 3 niveaux offerts à l'utilisateur : 1 // 1.5 // 2..	.	1	2	-
Constantes					
Nom	Description	Unité	Conv.		
τα	Coefficient de transmission-absorption solaire des modules			0,9	
Fm	Coefficient de perte par connectique et mismatch			0,97	

Tableau 418 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.22.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le calcul réalisé consiste tout d'abord à calculer la production des panneaux PV du système, puis à fournir cette production au ballon de stockage d'ECS.

16.22.4.1 Définition des caractéristiques du capteur photovoltaïque

La liste des technologies de panneaux photovoltaïque prises en compte est la suivante :

	mono cristallin Si	multi cristallin Si	CdTe	CIS	amorphe :Si	autre

Tableau 419 : : Listes des technologies dans lequel l'utilisateur doit s'inscrire

La méthode de calcul offre quatre alternatives dans la définition des performances que sont P_c , μ et NOCT :

- La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées NF EN 61215 ou NF EN 61466,
- La saisie de la valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes harmonisées NF EN 61215 ou NF EN 61466,

Si la valeur est justifiée. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

$0.9 \cdot P_c$ justifiée

$1,10 \cdot \mu$ justifié

$1,10 \cdot \text{NOCT}$ justifié

- Si la valeur est déclarée. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

$0.8 \cdot P_c$ déclarée

$\text{Max}(1,20 \cdot \mu \text{ déclarée} ; \mu_{\text{util\_min}})$

$\text{Max}(1,20 \cdot \text{NOCT déclarée} ; \text{NOCT}_{\text{util\_min}})$

- Si la valeur est par défaut. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

La saisie d'une valeur de puissance, P_c , est nécessaire.

$0.8 \cdot P_c$ déclarée

$1,20 \cdot \mu_{\text{util\_min}}$

$1,20 \cdot \text{NOCT}_{\text{util\_min}}$

Avec :

$^{\circ}\text{C}^{-1}$	Mon cristallin Si	Multi cristallin SI	CdTe	CIS	Amorphe Si	Autre
$\mu_{\text{util\_min}}$	0,00425	0,00433	0,00208	0,00325	0,00175	0,00433

$\text{NOCT}_{\text{util\_min}} = 40^{\circ}\text{C}$

Concernant Γ , correctif basse lumière du rendement des modules PV, il est défini conventionnellement en fonction de la technologie, selon les valeurs du tableau ci-dessous :

Γ [.]	mono cristallin Si		multi cristallin Si		CdTe		CIS		amorphe : Si		autre	
	source	défaut	source	défaut	source	défaut	source	défaut	source	défaut	source	défaut
	ND	0.07	ND	0.07	ND	0.00	ND	0.07	ND	0.00	ND	0.07

Tableau 420 : Valeurs par défaut de Γ disponibles pour l'utilisateur en fonction de la technologie.

Le capteur photovoltaïque est caractérisé par ses coefficients d'échange thermiques U1 et U2 avec l'air ambiant et avec la voûte céleste, qui sont tous deux fixés conventionnellement :

$$U1 = \frac{1}{C_T} \cdot \left[\frac{\tau\alpha \cdot 800}{(NOCT - 20)} - \frac{Fr \cdot U2 \cdot (NOCT - \Delta T_{c,r} - 20)}{(NOCT - 20)} \right] \quad (3328)$$

$$U2 = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (3329)$$

Avec

$$Fr = \frac{1 + \cos(30^\circ)}{2} \quad (3330)$$

$$F = \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \quad (3331)$$

16.22.4.2 Calcul de la puissance électrique produite par un module PV

Le cœur du modèle est constitué par la relation suivante permettant de calculer la puissance électrique produite par le module au pas de temps h, P_{PV} :

$$P_{PV} = P_{mpp}(G, T_m) \cdot N \cdot F_m \quad (3332)$$

Avec :

- $P_{mpp}(G, T_m)$, la puissance MPP (au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I) d'un module en fonction du rayonnement incident efficace et de la température du module T_m ,
- G , le rayonnement incident efficace total sur le plan du module en W ,
- T_m , la température de module en $^\circ C$.

Définition de $P_{mpp}(G, T_m)$:

P_{mpp} [W]: la puissance d'un module (au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I) en fonction du rayonnement incident efficace G et de la température du module T_m :

$$P_{mpp}(G, T_m) = P_c \cdot \frac{G}{1000} \cdot \text{Max} \left(0, 1 + \Gamma \cdot \ln \left(\frac{\text{Max}(110^{-4}, G)}{1000} \right) \right) \cdot (1 - \mu \cdot (T_m - 25)) \quad (3333)$$

Définition de la température du module T_m :

La température moyenne des modules constituant le champ photovoltaïque (T_m) est calculée comme suit:

$$T_m = \frac{U1 \cdot T_{ext}}{U1 + F \cdot U2} + \frac{F \cdot U2 \cdot T_{ciel}}{U1 + F \cdot U2} + \frac{G \cdot (\tau\alpha - \eta_{STC})}{U1 + F \cdot U2} \quad (3334)$$

Définition de G :

G , [W/m²]: rayonnement incident efficace dans le plan des modules :

$$G = (F_{opt}(\theta) \cdot Drp^* + F_{opt}(\theta_1) \cdot Dfp^* + F_{opt}(\theta_2) \cdot Rrp^*) \quad (3335)$$

Définition de la fonction $F_{opt}(x)$:

$$F_{opt}(x), [.] : F_{opt}(x) = 1 - 0.05 \cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\min(87, x) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - 1} \right) : \text{coefficient de perte optique par réflexion.}$$

x , [°] : angle par rapport à la normale au module.

Définition de la fonction θ_1 :

θ_1 , [°] : $\theta_1 = 59.7 - 0.13888 \cdot \beta + 0.001497 \cdot \beta^2$ angle moyen de rayonnement diffus de ciel par rapport à la normale aux modules.

Définition de la fonction θ_2 :

θ_2 , [°] : $\theta_2 = 90 - 0.5788 \cdot \beta + 0.002693 \cdot \beta^2$ angle moyen de rayonnement diffus d'albédo par rapport à la normale aux modules.

Définition de C_T :

C_T , [.] : Coefficient de confinement thermique, 3 niveaux possibles sont offerts à l'utilisateur :

- Face arrière libre : $\delta = 1$ (exemple : brise soleil avec face arrière directement en contact avec l'air ambiant).
- Face arrière confinée : $\delta = 2$ (exemple : intégration sur toiture isolée et sans ventilation aménagée spécifiquement pour le champ PV ou double vitrage en face arrière).
- Autre : $\delta = 1,5$
- Valeur par défaut : $\delta = 2$

16.22.4.3 Gestion du générateur TWIDO

Le générateur TWIDO est considéré comme un générateur de base pour la production stockage.

Dès qu'une production électrique a lieu au niveau du générateur, celle-ci vient alimenter le ballon de stockage, à l'image de ce qui est fait pour les boucles solaires.

Ainsi, l'énergie produite P_{pv} est-elle fournie directement au ballon de stockage, moyennant la température maximale du ballon de stockage, et vient diminuer l'énergie restant à fournir par le générateur d'appoint.

$$Q_{fou,ecs} = P_{pv} \quad (3336)$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou,ecs} \quad (3337)$$

16.23 C_GEN_Récupération_de_chaleur_sur_chambres_froides_BOOSTHERM

16.23.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système dit de « récupération de chaleur sur chambres froides » de la société BOOSTHERM.

Le système de récupération de chaleur sur chambres froides traité ici est un échangeur de chaleur fluide frigorigène / eau intercalé entre le compresseur et le condenseur à air d'une chambre froide. Il permet de chauffer de l'eau en exploitant la chaleur extraite de la chambre froide lorsque l'on procède à son refroidissement et maintien en température. L'échangeur est ici un échangeur à plaques. L'eau entrant dans l'échangeur est prise en pied de ballon, l'eau en sortant arrive en tête de ballon.

16.23.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tous type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020 et liés à une activité de restauration.

Les usages concernés par cette méthode de calcul sont donc :

- Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/j)
- Restauration - 1 repas /jour, 5j/7
- Restauration - 2 repas /jour, 6j/7
- Restauration - 2 repas /jour, 7j/7
- Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7
- Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7

Dans tous les cas, le système de récupération sur chambres froides jouera le rôle de générateur de base pour un volume de stockage (un ou plusieurs ballons). Il sera indispensable de saisir un appoint (électrique ou autre) sur ce volume de stockage.

Les circulateurs choisis seront fonction du module de récupération installé :

- Boostherm 5 et 10kW : Ecocirc E3 : 15-3/65
- Boostherm 20 - 45 - 70kW : Wilo Para Z 7
- Boostherm 100kW : Wilo Stratos PARA-Z 25/1-8

Le choix du circulateur permettra de déduire le débit maximal et la consommation associée.

De même, l'auxiliaire de régulation aura une consommation fixe de 5W lié au transfo de régulation Boostherm 5W - EI42 Myrra 44239.

16.23.3 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$a_{\theta_{\text{aval}}}$	Température aval de l'ECS	°C			
$Q_{\text{req\_ecs}}(h)$	Demande en énergie en eau chaude sanitaire	Wh			
id_{fonction}	Mode de fonctionnement sollicité : 3 : ECS	Ent			1
$Id_{\text{fluide\_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	1
$i_{\text{ECS\_seule}}$	Indicateur de production ECS seule.	Bool			

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Name	Nom du composant	-	-	-	
Index	Identifiant unique d'un composant	Ent	0	$+\infty$	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
Type_recuperation_Boostherm	Type de système BOOSTHERM				
	1 – BOOSTHERM 5 kW				
	2 – BOOSTHERM 10 kW				
	3 – BOOSTHERM 20 kW	-	1	6	
	4 – BOOSTHERM 45 kW				
	5 – BOOSTHERM 70 kW				
	6 – BOOSTHERM 100 kW				
P_condensation_constructeur	Puissance de condensation de la chambre froide donnée par le constructeur	W	0	$+\infty$	
Rdim	Nombre de générateurs BOOSTHERM identiques	-	0	$+\infty$	1

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max
$Q_{\text{fou\_ecs}}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur BOOSTHERM en ECS.	Wh	0	$+\infty$
Q_{cons}	Consommation horaire de l'assemblage en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$
$Q_{\text{rest\_ecs}}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$
$Q_{\text{cef\_ecs}}$	Consommation en énergie finale du générateur	Wh	0	$+\infty$

$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance	Wh	0	$+\infty$
$W_{aux\_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires du générateur	Wh	0	$+\infty$
$R\_fonctecs$	Temps de fonctionnement du générateur en ECS au pas de temps h	H	0	1

Variables internes

Nom	Description	Unité			
Débit _{bridage}	Débits de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
Débit _{bridage01}	Débits de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	1000
Débit _{bridage02}	Débits de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	400
Débit _{bridage03}	Débits de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	2000
Débit _{dimensionnement}	Débit de dimensionnements du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
débit _{maximal}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
débit _{maximal01}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	1500
débit _{maximal02}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	3300
débit _{maximal03}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	8000
Débit _{pompe}	Débit des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
$P_{aux\_regulation}$	Puissance des auxiliaires de régulation	W	0	$+\infty$	5
$P_{condens\_reel}$	Puissance réelle de condensation	W	0	$+\infty$	
P_{pompe}	Puissance des pompes	W	0	$+\infty$	0
P_{aux}	Puissances des auxiliaires	W	0	$+\infty$	
P_{fou}	Puissance fournie par le BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	
Puissance _{bridage}	Puissance de bridage	W	0	$+\infty$	
Puissance _{bridage01}	Pompe de bridage pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	17
Puissance _{bridage02}	Pompe de bridage pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	35
Puissance _{bridage03}	Pompe de bridage pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	70
Puissance _{condensation}	Puissance de condensation	W	0	$+\infty$	

Puissance _{dispo}	Puissance récupérable par le système BOOSTHERM en amont du condenseur du groupe	W	0	+∞	
Puissance _{dispo_pouvant_être_fournie}	Puissance disponible pouvant être fournie par le groupe frigorifique	W	0	+∞	
Puissance _{max}	Puissance maximale du BOOSTHERM	W	0	+∞	
Puissance _{max01}	Puissance maximale pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	+∞	27
Puissance _{max02}	Puissance maximale pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	+∞	45
Puissance _{max03}	Puissance maximale pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	+∞	130
taux_charge	Rapport du débit de la pompe du BOOSTHERM sur le débit de bridage	-	0	1	
Theta_aval_ECS	Température de la source aval (ECS)	°C			

Tableau 421 - Nomenclature du modèle

16.23.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.23.4.1 Description des étapes de modélisation

La puissance de condensation disponible est fonction du matériel installé. On considère que 100% de

la puissance de condensation est disponible de 7h à 12h puis de 15h à 20h.

La puissance disponible est, dans un premier temps, modulée en fonction de la qualité de l'échangeur.

$$P_{dispo} = \alpha_{échangeur} * P_{condens\_chambre\_froide}$$

(3338)

Par défaut : $\alpha_{échangeur} = 0,9$

La puissance disponible calculée est ensuite bridée en fonction du besoin ECS au pas de temps horaire mais aussi en fonction du débit maximum pouvant être fournie par la pompe. En effet, le débit s'adapte en fonction de la température revenant du ballon pour fournir de l'eau à 55°C.

En fonction du type de module de récupération Boostherm choisi, une pompe est identifiée. Il est choisi d'identifier le débit maximum et la puissance maximum associé à ce débit. Afin de brider le fonctionnement de la machine à un débit plus bas que le débit maximum, le débit bridé est introduit comme le minimum entre le débit maximal et le débit de dimensionnement. Le débit de

dimensionnement est en effet le débit pour fournir la puissance disponible pour une différence de température de 20K entre l'entrée et la sortie :

$$\text{débit}_{\text{bridage}} = \min\left(\text{débit}_{\text{maximal}}; \frac{P_{\text{dispo}}}{1,16 * 20}\right) \quad (3339)$$

En bridant donc le débit de la pompe au débit de bridage, le débit horaire s'exprime :

$$\text{débit}_{\text{pompe}} = \min\left(\frac{P_{\text{dispo}}}{1,16 * (55 - \theta_{\text{aval}})}; \text{débit}_{\text{bridage}}\right) \quad (3340)$$

Cela permet de calculer le taux de charge :

$$\tau_{\text{charge}} = \frac{\text{débit}_{\text{pompe}}}{\text{débit}_{\text{bridage}}} \quad (3341)$$

Et ainsi d'en déduire la puissance auxiliaire consommée, somme de la puissance liée à la pompe et de la puissance liée aux auxiliaires de régulation :

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{circulateur}} + P_{\text{aux.regulation}} \quad (3342)$$

Pour rappel, la puissance du circulateur est liée au choix du module de récupération choisi alors que la puissance d'auxiliaire de régulation est fixée à 5W pour l'ensemble des modules.

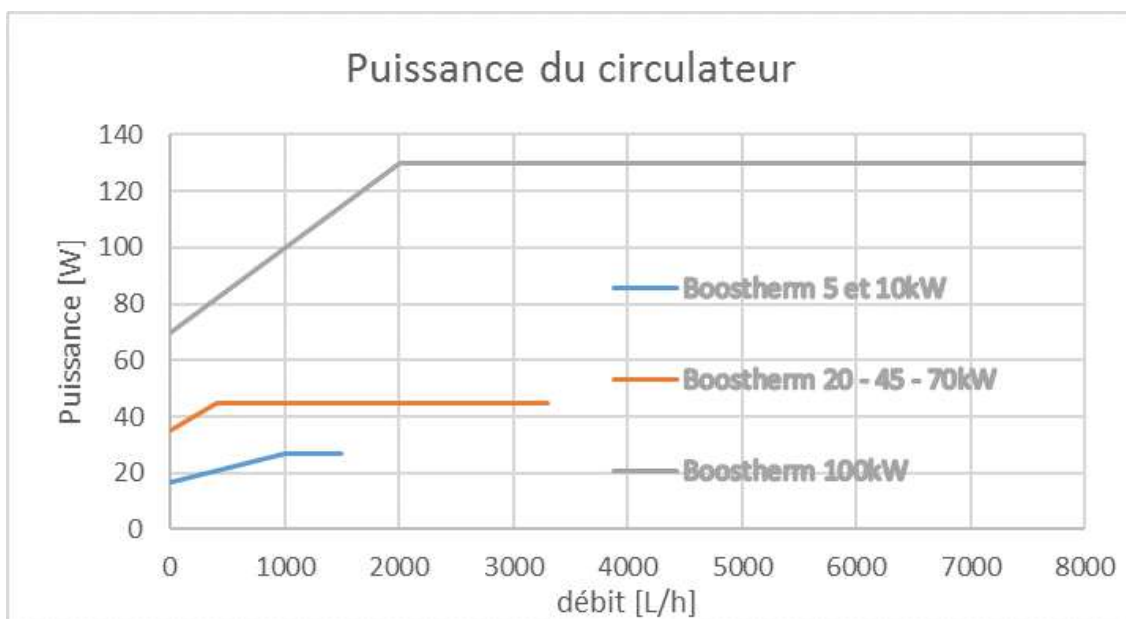


Figure 235 – évolution de la puissance du circulateur en fonction du type de récupérateur BOOSTHERM et du débit

La puissance utilisable par la base du ballon ECS sera alors le minimum entre la puissance de base requise par le ballon Qreq et la puissance pour remonter la température du ballon à 55°C :

$$P_{util} = \min[(1,16 * débit_{pompe} ; (55 - \theta_{aval}) * Q_{req}]$$

(3343)

16.23.4.2 Description mathématique

Il y a dans un premier temps une initialisation des variables, en fonction du type de système de récupération choisi. On récupère le type de système choisi par l'utilisateur.

$$Type\_récupération\_BOOSTHERM = Data.Type.récupération.BOOSTHERM \quad (3344)$$

La valeur de la variable Type_récupération_Boostherm est ensuite testée dans les trois conditions suivantes.

1. Si le système BOOSTHERM choisi est de type 5kW ou 10 kW, alors

$$débit_{maximal} = débit_{maximal}01 \quad (3345)$$

$$puissance_{max} = puissance_{max}01 \quad (3346)$$

$$débit_{bridage} = débit_{bridage}01 \quad (3347)$$

$$puissance_{bridage} = puissance_{bridage}01 \quad (3348)$$

2. Si le système BOOSTHERM choisi est de type 20kW ou 45 kW ou 70 kW, alors

$$débit_{maximal} = débit_{maximal}02 \quad (3349)$$

$$puissance_{max} = puissance_{max}02 \quad (3350)$$

$$débit_{bridage} = débit_{bridage}02 \quad (3351)$$

$$puissance_{bridage} = puissance_{bridage}02 \quad (3352)$$

3. Sinon, pour le récupérateur de 100 kW, alors

$$débit_{maximal} = débit_{maximal}03 \quad (3353)$$

$$puissance_{max} = puissance_{max}03 \quad (3354)$$

$$débit_{bridage} = débit_{bridage}03 \quad (3355)$$

$$puissance_{bridage} = puissance_{bridage}03 \quad (3356)$$

On récupère la puissance de condensation réelle.

$$P_{condens\_reel} = Puissance_{condensation}$$

(3357)

Si la puissance de condensation réelle est supérieure à 0, alors {

$$Puissance_{condensation} = P_{condens\_reel}$$

(3358)

On initialise les variables telles que Besoin_ECS, taux_charge, Paux, Pfou.

On récupère du moteur les variables suivantes :

- aQreq
- aTheta_aval

Et on pose

$$Besoins_{ECS} = Q_{req\_ecs}$$

(3359)

Et

$$Theta\_aval\_ECS = aTheta\_aval$$

(3360)

Si besoins_ECS > 0 alors

Si Theta_aval_ECS inférieure à 55°C alors

Si l'heure est comprise entre 7h et 12 ou entre 15h et 21h, alors

On détermine la puissance disponible.

$$Puissance_{dispo} = 0,9 * Puissance_{condensation}$$

(3361)

On détermine ensuite le débit de dimensionnement.

$$Débit_{dimensionnement} = \frac{Puissance_{dispo}}{1,16 * 20}$$

(3362)

On détermine le débit de bridage.

$$\text{Débit}_{\text{bridage}} = \text{Min} (\text{Débit}_{\text{dimensionnement}} , \text{Débit}_{\text{maximal}}) \quad (3363)$$

On limite cette puissance disponible calculée par rapport au débit pouvant être fourni.

$$\text{débit}_{\text{pompe}} = \text{Min} \left(\frac{\text{Puissance}_{\text{dispo}}}{1,16 * (55 - \text{Theta}_{\text{aval\_ECS}})} , \text{débit}_{\text{bridage}} \right) \quad (3364)$$

$$\text{Puissance}_{\text{dispo\_pouvant\_être\_fournie}} = 1,16 * \text{débit}_{\text{pompe}} * (55 - \text{Theta}_{\text{aval\_ECS}}) \quad (3365)$$

Dans l'équation suivante, Besoin_ECS a été converti en W (pas de temps d'1h)

$$P_{\text{fou}} = \text{Min} (\text{Besoins\_ECS} , \text{Puissance}_{\text{dispo\_pouvant\_être\_fournie}}) \quad (3366)$$

Fin du Si sur les heures

Fin du Si sur Theta_aval_ECS inférieur à 55°C.

Fin du Si sur Besoin_ECS supérieur à zéro.

Pour la suite, on détermine Paux.

Si le débit pompe (debit_pompe) vaut zéro.

$$P_{\text{pompe}} = \text{Puissance}_{\text{bridage}} \quad (3367)$$

Sinon, si le débit pompe est inférieur au débit de bridage

$$P_{\text{pompe}} = \text{Puissance}_{\text{bridage}} + (\text{Puissance}_{\text{max}} - \text{Puissance}_{\text{bridage}}) * \frac{\text{débit}_{\text{pompe}}}{\text{débit}_{\text{bridage}}} \quad (3368)$$

Sinon

$$P_{\text{pompe}} = \text{Puissance}_{\text{max}} \quad (3369)$$

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{pompe}} + P_{\text{aux\_regulation}} \quad (3370)$$

Enfin, les résultats du module sont les suivants :

$$P_{max} = P_{fou} \quad (3371)$$

$$Q_{cons} = P_{aux} \quad (3372)$$

$$Q_{fou} = P_{fou} \quad (3373)$$

$$Q_{rest} = Q_{req\_ecs} - P_{fou} \quad (3374)$$

$$Taux\_charge = 1 \quad (3375)$$

$$R_{fonct\_ecs} = Taux\_charge \quad (3376)$$

$$W_{aux,pro} = 0 \quad (3377)$$

$$Q_{prelec} = 0 \quad (3378)$$

$$Phi\_vc = 0 \quad (3379)$$

$$Q_{cef,ecs} = Q_{cons} \quad (3380)$$

16.24 C_GEN_Récupération_de_chaleur_sur_installations_frigorifiques_RIDEL_Energy

16.24.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système dit « RidelX » de la société RIDEL Energy.

Le système RidelX désigne la gamme de récupérateurs de chaleur sur installations frigorifiques (RidelRef / RidelRec / RidelCub, liste non exhaustive) fabriquée et commercialisée par la société RIDELENERGY. Il assure la production de l'ECS et éventuellement du chauffage à partir de l'énergie de condensation récupérée sur une installation frigorifique destinée au maintien en température de chambres froides ou process de refroidissement des denrées. Ce système se compose des principaux éléments suivants :

- Un élément de stockage en eau technique intégrant des échangeurs immergés raccordés au refoulement des compresseurs de l'installation frigorifique.
- Une panoplie hydraulique composée d'un échangeur thermique (immergé ou non) couplé ou non à un circulateur assurant le transfert d'énergie depuis le ballon de stockage en eau technique vers le ballon de stockage en ECS.

Le pincement de l'échangeur thermique situé entre le système RidelX et l'élément de stockage ECS doit être inférieur ou égal à 3 K.

Un appoint est systématiquement associé au système et permet d'assurer, suivant la fonctionnalité retenue, le complément d'énergie nécessaire à la production de l'ECS et/ou du chauffage. Cet appoint peut être de type résistance électrique ou de type hydraulique.

16.24.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020.

16.24.3 NOMENCLATURE

Les tableaux ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

16.24.3.1 Assemblage « production stockage »

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Climat	$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C
	$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C
Génération	$Q_{req\_ecs}(h)$	Demande en énergie en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh
	Tch_max^{gen}	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe de chauffage connectés à la génération gen.	°C

$Q_{req\_ch}(h)$	Demande en énergie en chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh			
$id_{fonction}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS	Ent	1	3	
$\dot{I}_{ECS\_seule}$	Indicateur de production ECS seule.	Bool			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Name	Nom du composant	-	-	-	
Index	Identifiant unique d'un composant	Ent	0	$+\infty$	
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Q_{fou,ch}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{fou,ecs}$					
Q_{cons}	Consommation horaire de l'assemblage en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{rest,ch}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{rest,ecs}$					
$\{Q_{cef(fonct.,en.)}\}$	Consommation en énergie finale de l'assemblage, présentée sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh	0	$+\infty$	
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance	Wh	0	$+\infty$	
$W_{aux\_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{pr\_elec}(h)$	Production électrique de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	0
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
id_{fougen}	Fonction du générateur compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	0	5	4
Id_{fluide_aval}	Identificateur du fluide aval Nature du fluide aval : 1 : eau 2 : air	Ent	1	2	1
$Id_{priorite\_ecs}$	Indice de priorité de l'assemblage pour la production d'ECS	Ent	1	$+\infty$	1
$Id_{priorite\_ch}$	Indice de priorité de l'assemblage pour la production de chauffage	Ent	1	$+\infty$	1

Tableau 422 - Nomenclature du module « Assemblage production stockage »

16.24.3.2 Module « ballon stockage »

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Climat	Qfou_sto_recup(h)	Énergie totale fournie au ballon par le système de récupération d'énergie	Wh
	Tamb(h)	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	Fonct_Systeme	Fonctions assurées par le système : 0:ECS 1:Chauffage et ECS	Ent	0	1	
	Pech_ecs	Puissance nominale de l'échangeur raccordé au ballon ECS	kW	0	+ ∞	
	Vtot	Volume total du ballon	L	0	+ ∞	
	Statut_UA	Statut de la valeur UA du ballon de stockage 0 - Certifiée 1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 2 - Par défaut	Ent	0	2	-
	UA	Coefficient de pertes thermiques du ballon de stockage	W/K	0	+ ∞	-
	Pcircu_ecs	Puissance du circulateur situé entre le ballon de stockage en eau technique et l'échangeur	W	0	+ ∞	

Sorties

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	Qw_sto_unit_report (h)	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon	Wh	0	+ ∞	
	Qrest,ch	Energie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	+ ∞	
	Qreq_sto_recup (h)	Energie requise à fournir au ballon de stockage par le système de récupération	Wh	0	+ ∞	
	Tz(h)	Champ de température dans le ballon de stockage au pas de temps courant	°C			
	Tz(i)	Champ de température dans le ballon de stockage lors de l'itération i	°C			
	Pe(h)	Pertes thermiques totales du ballon de stockage	Wh	0	+ ∞	

Variables internes

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	UA_utile	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	0	+ ∞	

Nb_{iter_vp}	Nombre maximum d'itérations de la boucle	Ent		
i	Numéro de l'itération en cours	Ent		
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Besoin d'énergie requis en ECS en sortie du ballon lors de l'itération i	Wh	0	$+\infty$
$Q_{sto\_fou\_ecs}(h)$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer la production de l'ECS	Wh	0	$+\infty$
$Q_{sto\_dispo\_ch}(h)$	Energie disponible au niveau du ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	0	$+\infty$
$Q_{sto\_fou\_ch}(h)$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	0	$+\infty$
z	Numéro de la zone du ballon de stockage	Ent	1	4
V_z	Volume de chaque zone « z » du ballon de stockage	L	0	$+\infty$
V_{z_min}	Volume de la zone la plus petite du ballon de stockage	L	0	$+\infty$
$V_{p\_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	L	0	V_{z_min}
$P_{ech\_dispo\_ecs}$	Puissance disponible au niveau de l'échangeur raccordé au ballon ECS	kW	0	$+\infty$
$Pe_z(h)$	Pertes thermiques de la zone « z » du ballon de stockage	Wh	0	$+\infty$
T_{cons_sto}	Température de consigne du ballon de stockage pour la zone $z = 1$	°C		60
ΔT_{ech}	Ecart de température nominal entre entrée et sortie de l'échangeur raccordé au réseau ECS	°C		
Variables internes				
Nom	Description	Unité		
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L		1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)		1,163

Tableau 423 - Nomenclature du module « ballon stockage »

16.24.3.3 Module « récupérateur d'énergie »

Entrées du composant				
Nom	Description	Unité		
H_{leg}	Heure légale	H	0	23
IMOIS	Numéro du mois	Ent	1	12
$Q_{req\_sto\_recup}(h)$	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par le système de récupération d'énergie	Wh		

$Q_{rest, ch}$	Energie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	$+\infty$	
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$P_{cond\_fr\_pos}$	Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température positive raccordées au système de récupération d'énergie	kW	0	$+\infty$	
$P_{cond\_fr\_neg}$	Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température négative raccordées au système de récupération d'énergie	kW	0	$+\infty$	
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$Q_{fou\_sto\_recup}(h)$	Energie fournie au ballon de stockage par le système de récupération	Wh	0	$+\infty$	
Variables internes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$Mod\_fr\_pos(h)$	Coefficient de modulation horaire de la puissance de condensation disponible pour les chambres froides positives	-	0	1	
$Mod\_fr\_neg(h)$	Coefficient de modulation horaire de la puissance de condensation disponible pour les chambres froides négatives	-	0	1	
$Mod\_fr\_m(IMOIS)$	Coefficient de modulation mensuel de la puissance de condensation disponible	-	0	1	
$P_{cond\_dispo}(h)$	Puissance de condensation disponible au récupérateur	W	0	$+\infty$	

Tableau 424 - Nomenclature du module « récupération d'énergie »

16.24.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.24.4.1 Module « Ballon stockage »

16.24.4.1.1 Volume Vz et Vz min

$$V1 = V2 = V3 = V4 = \frac{V_{tot}}{4} \quad (3381)$$

Le volume de la plus petite zone est alors :

$$V_{zmin} = \text{Min}[Vz] \quad (3382)$$

16.24.4.1.2 Nombre d'itérations Nbiter pour le calcul de la boucle

$$Nb_{iter} = \text{Arrondi.inf} \left(\frac{V_{tot}}{V_{zmin}} \right) \quad (3383)$$

16.24.4.1.3 Coefficients de pertes thermique Uz



Pour z allant de 1 à 4 :

$$Uz = UA_{utile} * \frac{Vz}{V_{tot}} \quad (3384)$$

16.24.4.1.4 Température Tz

Au premier pas de temps, l'eau technique contenue au niveau du stockage est considérée aux températures suivantes :

Pour z = 1 à 4 :

$$T_z(h-1) = T_z(h) = T_{cons\_sto} \quad (3385)$$

16.24.4.1.5 Pertes thermiques Pez et Pe

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées par zone à partir des températures initialisées précédemment :

Pour z=1 à 4 :

$$P_{ez} = U_z * (T_z(h) - T_{amb}) \quad (3386)$$

$$P_e = \sum_1^4 P_{ez} \quad (3387)$$

16.24.4.2 Module « récupérateur d'énergie »

16.24.4.2.1 Modulation horaire de la puissance de condensation disponible

La puissance de condensation disponible au récupérateur est modulée suivant l'heure légale de la manière suivante :

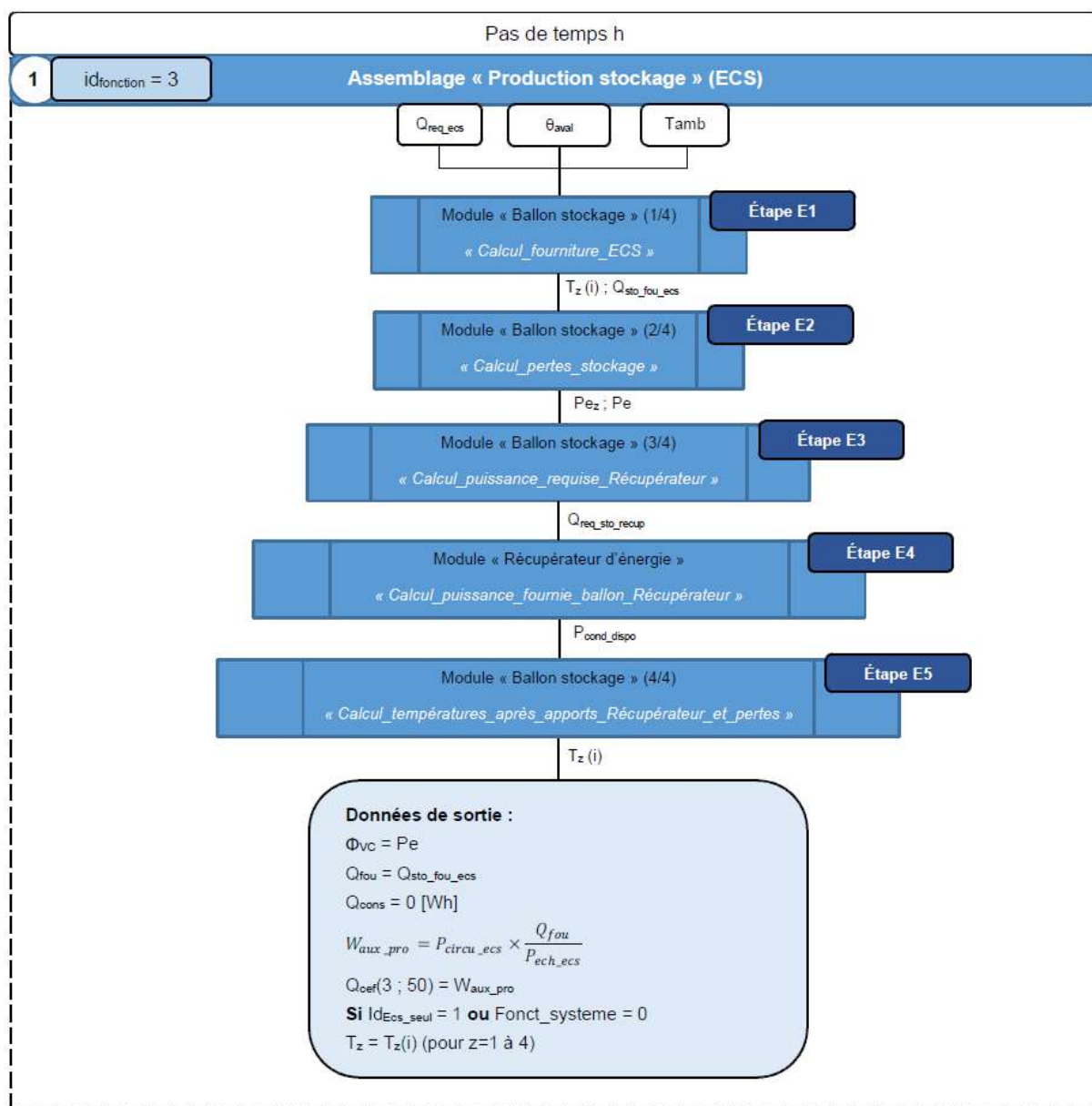
H _{leg}	Coefficients de modulation	
	Mod_fr_pos_h	Mod_fr_neg_h
0	0,2	0,5
1	0,2	0,5
2	0,2	0,5
3	0,2	0,5
4	0,2	0,5
5	0,4	0,6
6	0,4	0,6
7	0,7	0,7
8	0,8	0,8
9	1	0,8
10	1	0,9
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	1
15	0,9	1
16	0,8	1
17	0,7	0,9
18	0,6	0,9
19	0,5	0,8
20	0,4	0,7
21	0,2	0,6
22	0,2	0,5
23	0,2	0,5

16.24.4.2.2 Modulation mensuelle de la puissance de condensation disponible

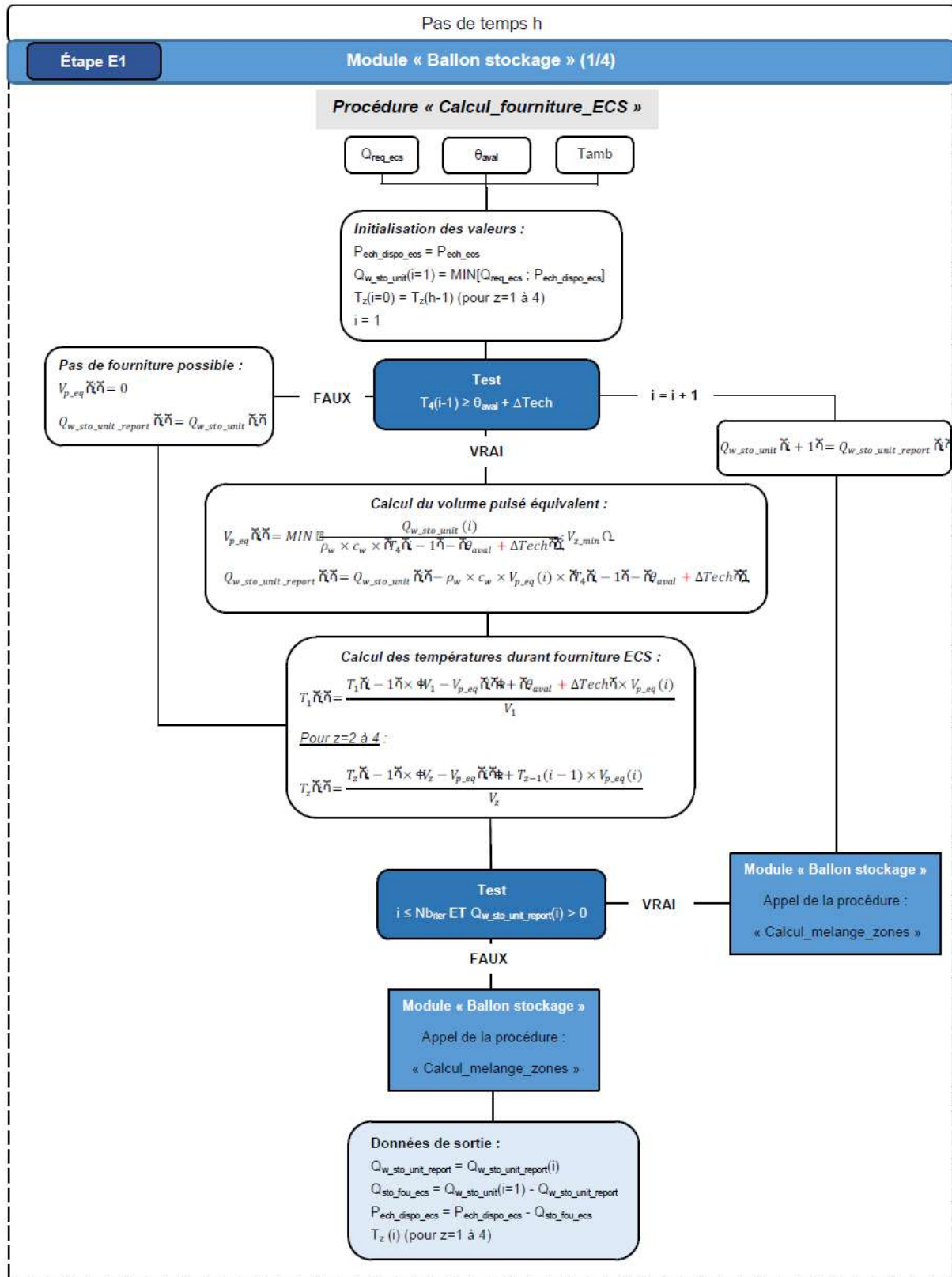
La puissance de condensation disponible au récupérateur est modulée suivant le mois de l'année de la manière suivante :

IMOIS	Mod_fr_m
Janvier	0,7
Février	0,7
Mars	0,7
Avril	0,8
Mai	0,9
Juin	1
Juillet	1
Août	1
Septembre	0,9
Octobre	0,8
Novembre	0,7
Décembre	0,7

16.24.4.3.1.1 Assemblage « production stockage »



16.24.4.3.1.2 Module « ballon stockage »

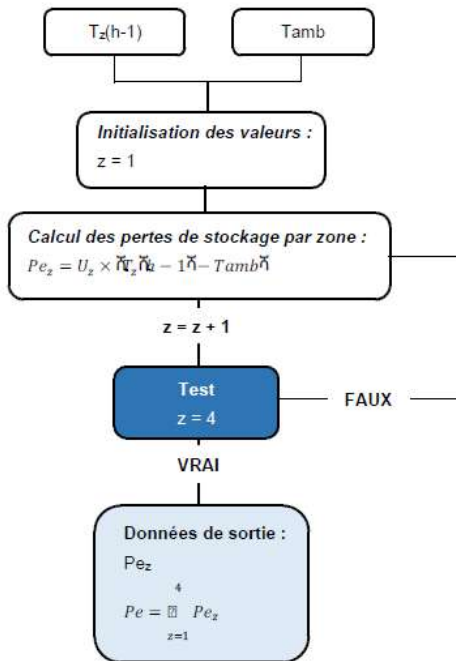


Pas de temps h

Étape E2

Module « Ballon stockage » (2/4)

Procédure « Calcul_pertes_stockage »

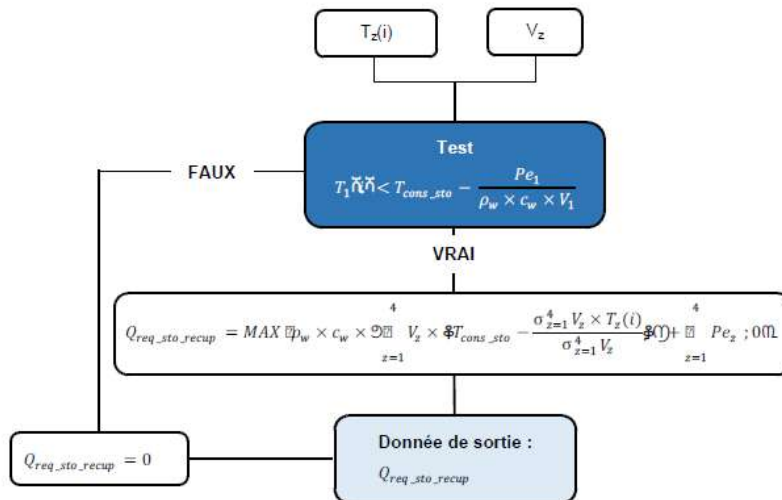


Pas de temps h

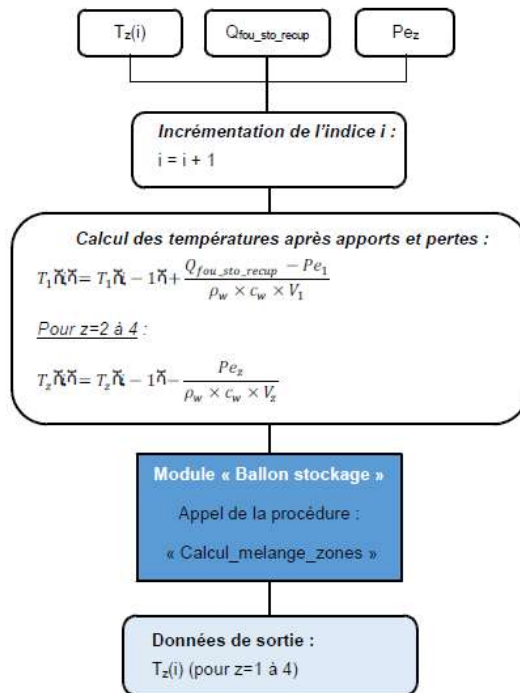
Étape E3

Module « Ballon stockage » (3/4)

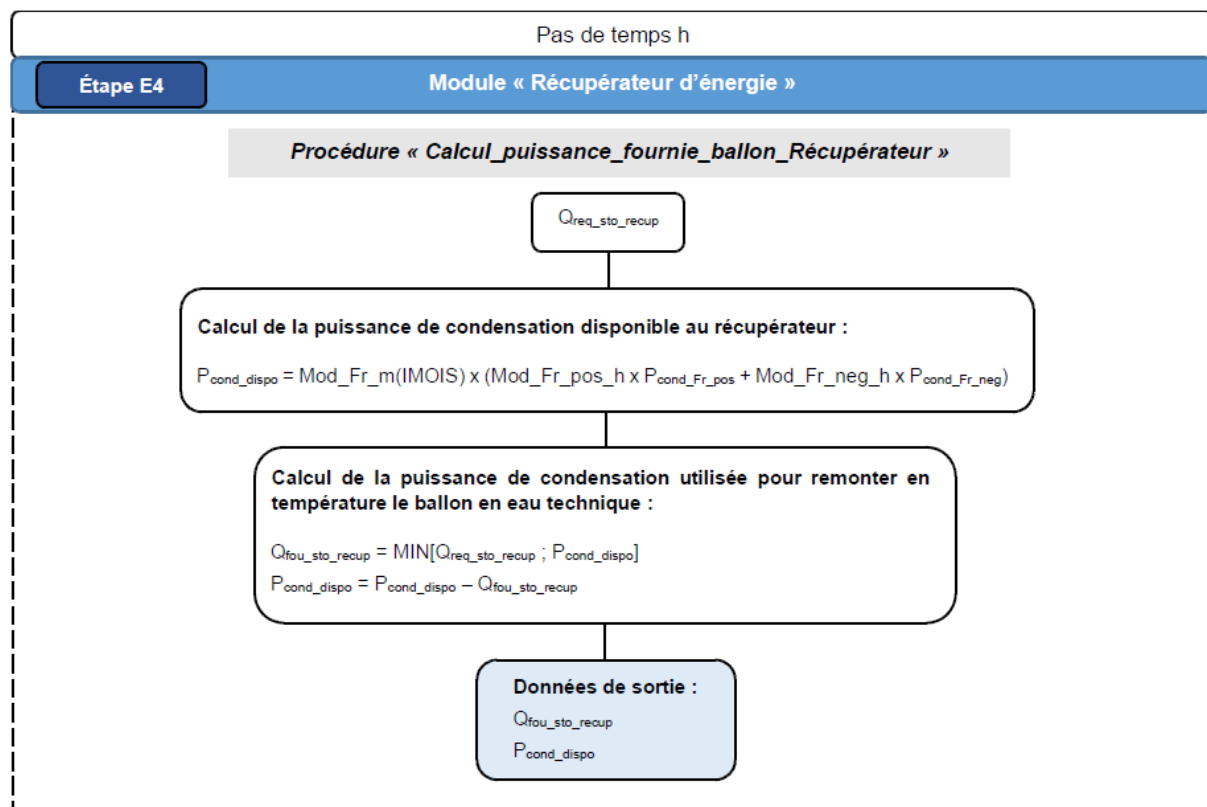
Procédure « Calcul_puissance_requise_Récupérateur »



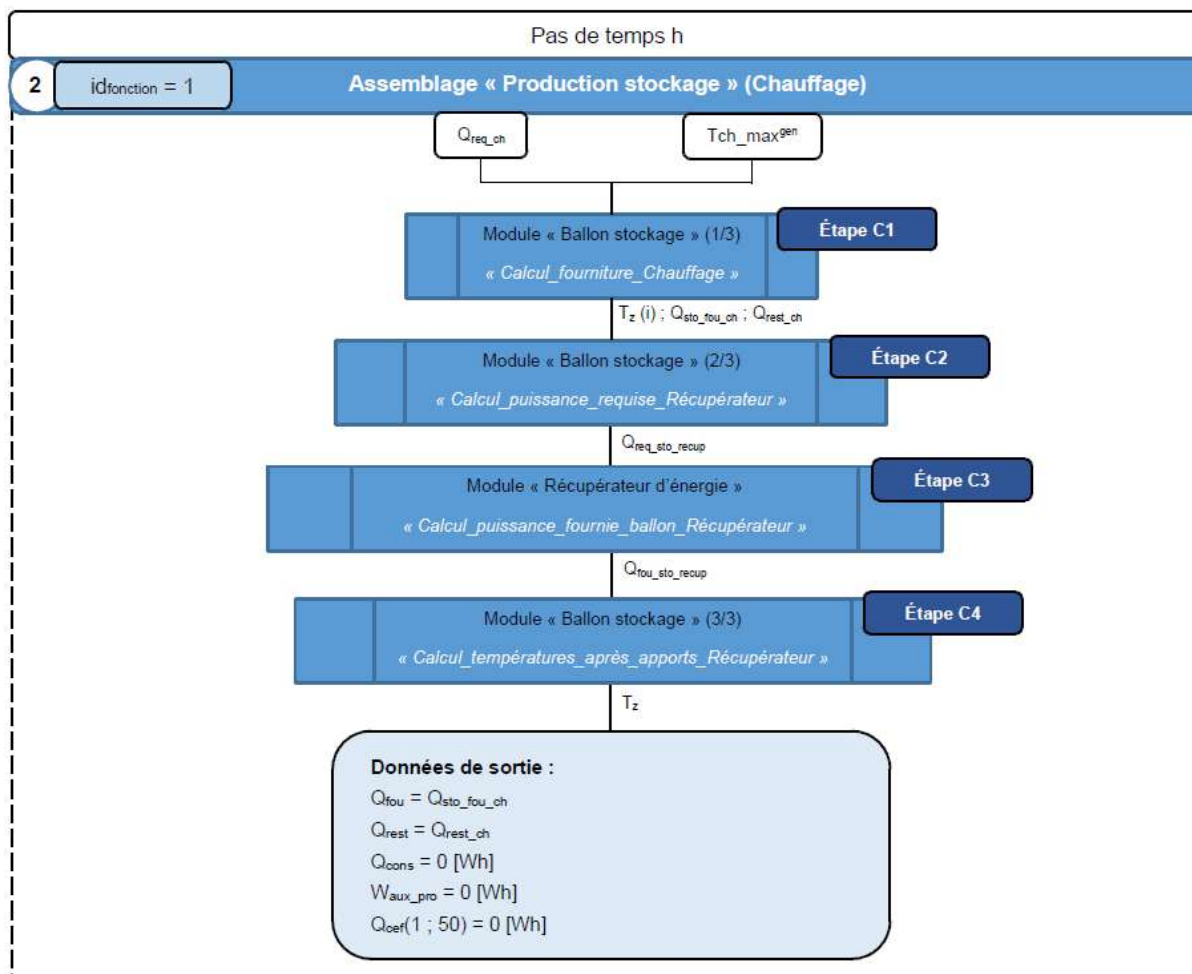
Procédure « Calcul_températures_après_apports_Récupérateur_et_pertes »



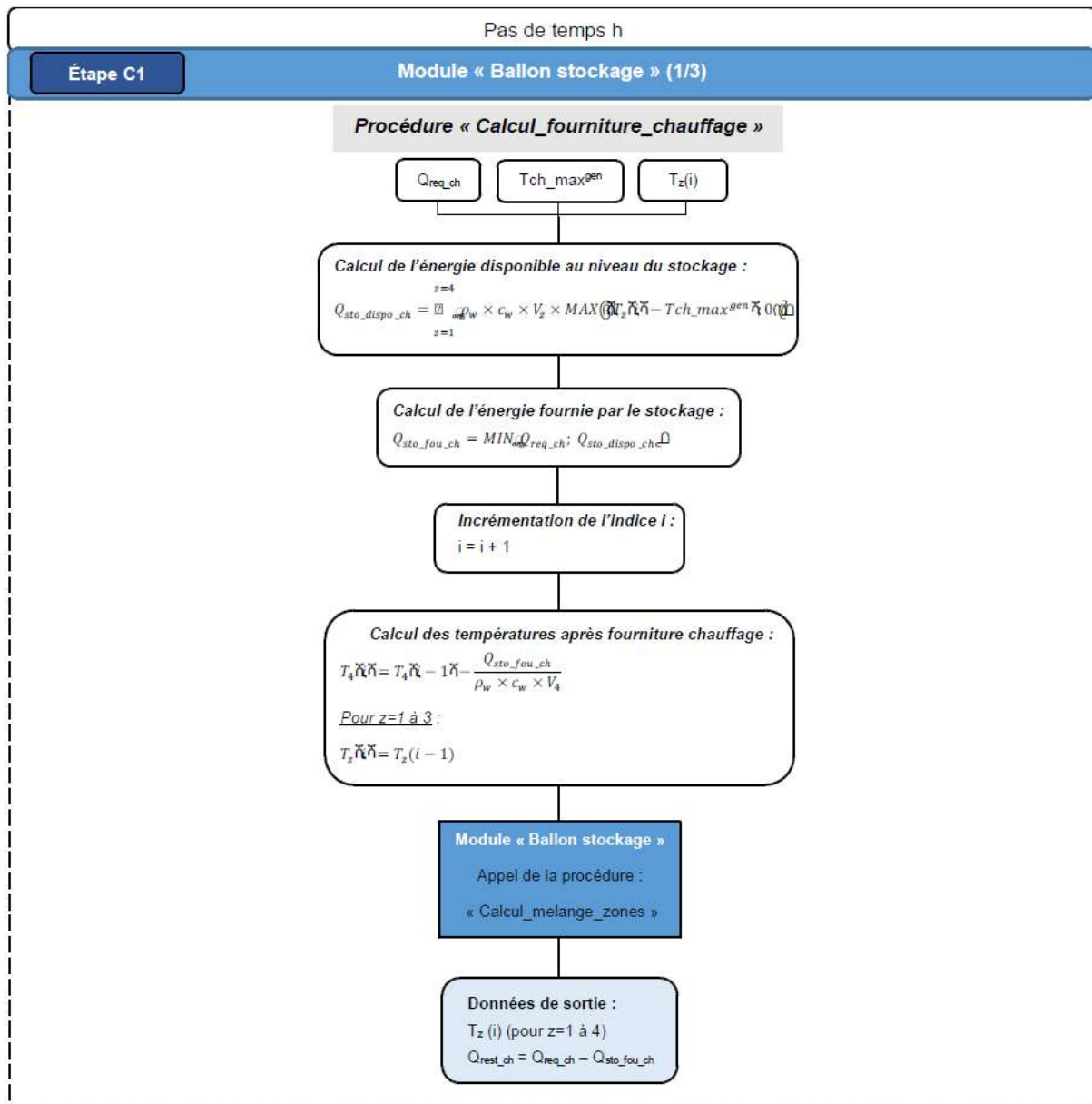
16.24.4.3.1.3 Module « récupérateur d'énergie »

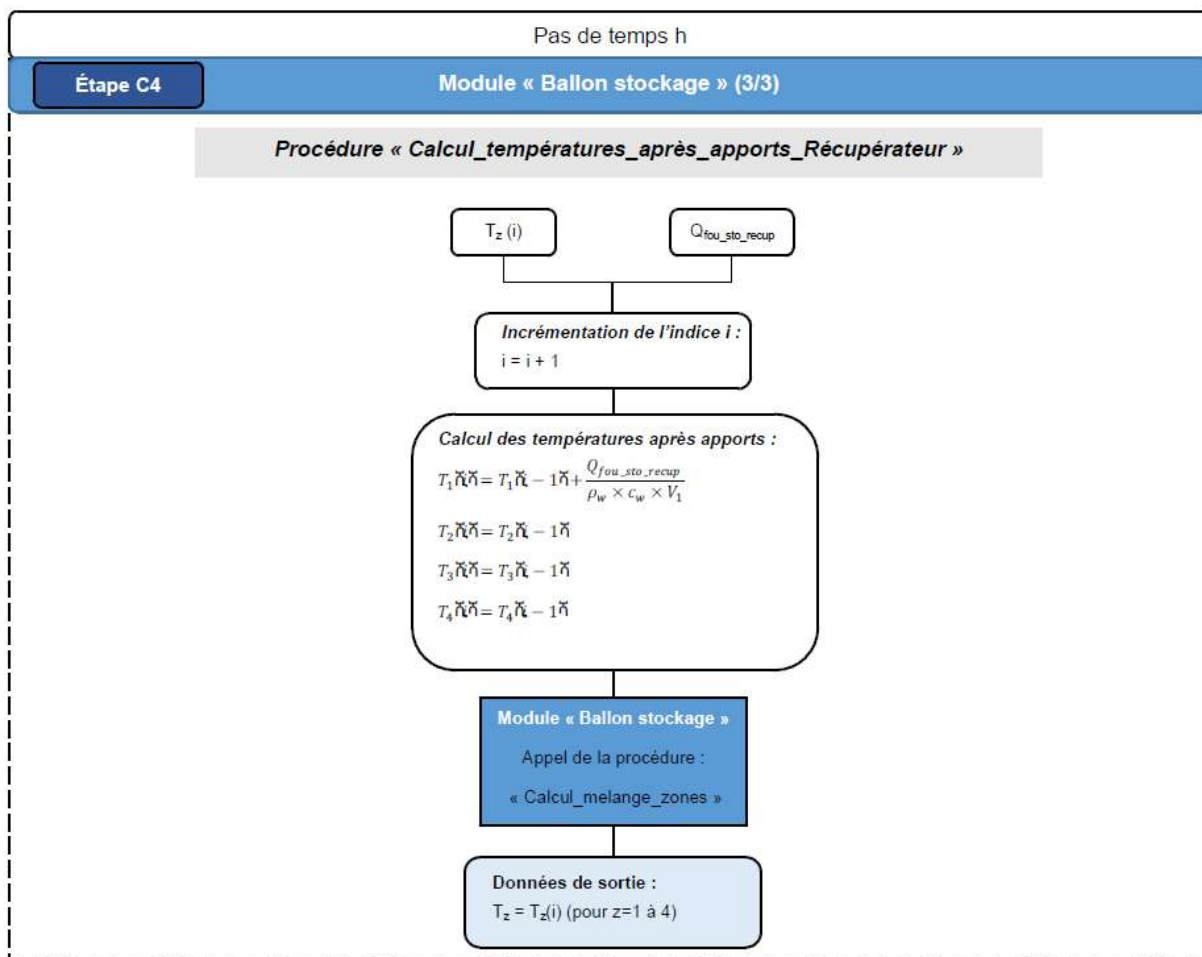
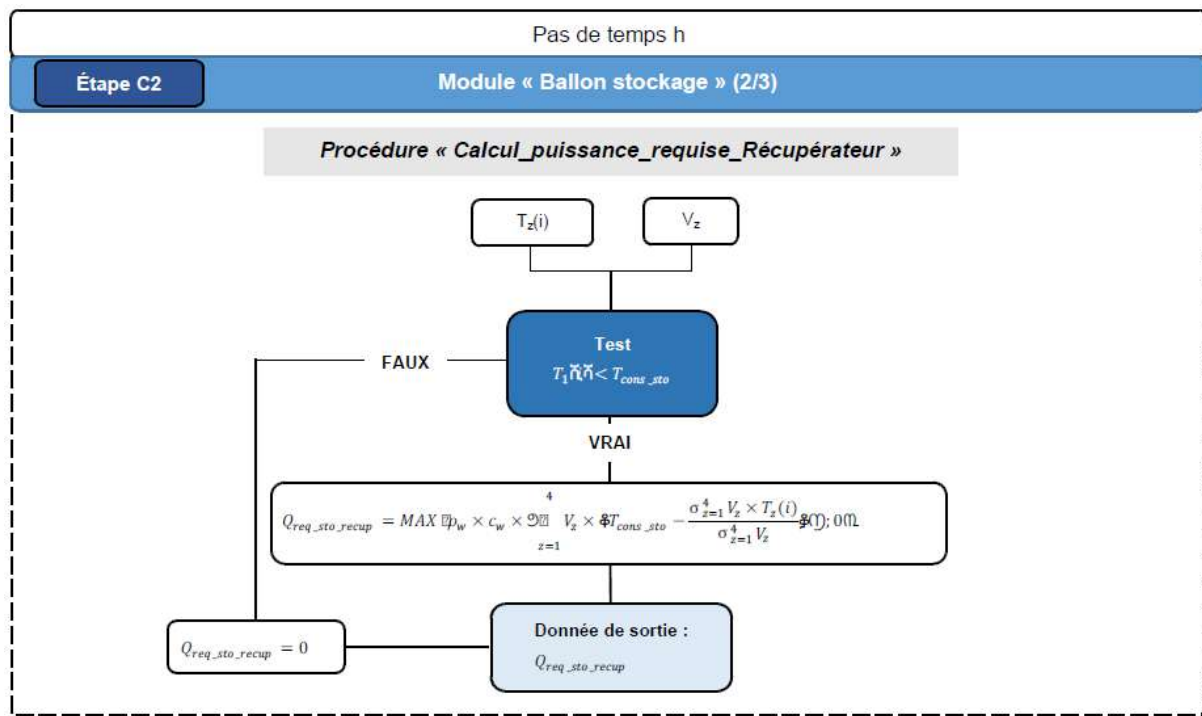


16.24.4.3.2.1 Assemblage « production stockage »



16.24.4.3.2.2 Module « ballon stockage »





16.24.4.3.2.3 Module « récupérateur d'énergie »

