

Méthode de calcul Th-BCE 2020

Version du 04/08/20

SOMMAIRE

Partie I – Methode de calcul Energie.....	14
1. GENERALITES.....	14
1.1 INTRODUCTION.....	14
1.2 Architecture des fiches algorithmes	14
1.3 Divers	15
1.3.1 Règle d'arrondis	15
1.3.2 Surfaces utilisées dans le calcul	15
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.....	28
3. METEO ET ENVIRONNEMENT EXTERIEUR	28
3.1 C_EEX_Climat extérieur.....	28
3.1.1 Introduction.....	28
3.1.2 Nomenclature	29
3.1.3 Description mathématique	32
3.2 C_EEX_environnement_proche.....	35
3.2.1 Introduction.....	35
3.2.2 Nomenclature	36
3.2.3 Description mathématique	39
4. SCENARIOS ET ENVIRONNEMENT INTERIEUR.....	50
4.1 C_EIN_Scénarios conventionnels	50
4.1.1 Introduction.....	50
4.1.2 Nomenclature	50
4.1.3 Description mathématique	54
4.2 FA_Maison_individuelle_Logement_Collectif	62
4.3 FA_Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée	62
4.3.1 Préambule.....	62
4.3.2 Quelles sont les conventions d'usage ?.....	62
4.3.3 Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée?.....	62
4.4 FA_Extension_de_bâtiment.....	64
4.4.1 Préambule.....	64
4.4.2 Surface de l'extension	64
4.4.3 Quelles exigences réglementaires appliquer en fonction du type d'extension ?.....	65
4.4.4 Usage de l'extension à considérer	67
4.4.5 Exigences de moyen à appliquer selon le type d'extension soumise à la RE 2020	68
4.4.6 Paramètres à prendre en compte pour la réalisation du calcul réglementaire	70
4.4.7 Cas de plusieurs extensions sur un même bâtiment.....	72
4.4.8 Attestations de prise en compte de la réglementation thermique pour les extensions ...	73
4.5 C_Ein_Indicateurs de confort.....	75
4.5.1 Introduction.....	75
4.5.2 Nomenclature	76

4.5.3	Description mathématique	79
4.6	C_Ein_Détermination des saisons	84
4.6.1	Introduction	84
4.6.2	Nomenclature	85
4.6.3	Description mathématique	89
4.7	C_EIN_calcul des consommations electriques des équipements mobiliers	99
4.7.1	Introduction	99
4.7.2	Nomenclature	99
4.7.3	Description mathématique	100
5.	BATI	101
5.1	S3_BAT-Assemblage_Batiment.....	102
5.1.1	Introduction	102
5.1.2	Nomenclature	103
5.1.3	Assemblage des composants	105
5.2	S1-Bat-Assemblage des espaces tampons	108
5.2.1	Nomenclature	108
5.2.2	Description mathématique	111
5.3	Gestion/Régulation des espaces tampons solarisés	112
5.3.1	Introduction	112
5.3.2	Nomenclature	113
5.3.3	Description mathématique	116
5.4	Espaces tampons.....	122
5.4.1	Introduction	122
5.4.2	Nomenclature	123
5.4.3	Description mathématique	127
5.5	S2_BAT-assemblage_zone.....	132
5.5.1	Introduction	132
5.5.2	Nomenclature	133
5.5.3	Assemblage des composants	135
5.6	C_VEN_Débits_d'air_Cep	141
5.6.1	Introduction	141
5.6.2	Nomenclature	142
5.6.3	Description mathématique	147
5.7	S2_BAT_assemblage_groupe	168
5.7.1	Introduction	168
5.7.2	Nomenclature	169
5.7.3	Assemblage des composants	175
5.8	S1_BAT_assemblage_baies.....	180
5.8.1	Introduction	180
5.8.2	Nomenclature	181
5.8.3	Assemblage des composants	184
5.9	C_BAT_Gestion_protections_mobilis	187
5.9.1	Introduction	187
5.9.2	Nomenclature	189
5.9.3	Description mathématique	194
5.10	C_BAT_Baie vitrée.....	225
5.10.1	Introduction	225
5.10.2	Nomenclature	227
5.10.3	Description mathématique	235

5.11	FA_Clasement_au_bruit_d'une_baie	252
5.11.1	Introduction	252
5.11.2	Le classement au bruit d'une baie : BR1- BR2 - BR3	252
5.11.3	Etape 1 : repérage général des infrastructures	253
5.11.4	Etape 2 : détermination de la distance d'une façade à une infrastructure de transport terrestre	253
5.11.5	Etape 3 : détermination des obstacles	254
5.11.6	Etape 4 : détermination de la vue de l'infrastructure de transport terrestre depuis une baie	254
	Cas particulier : classement au bruit d'une baie inclinée (*) :	255
5.11.7	tableaux de BR pour le bruit des transports terrestres	256
5.12	C_BAT_Perméabilité_des_PM	258
5.12.1	Introduction	258
5.12.2	Nomenclature	259
5.12.3	Description mathématique	260
5.13	C_BAT_Surventilation naturelle par ouverture des baies pour le confort thermique	262
5.13.1	Introduction	262
5.13.2	Nomenclature	263
5.13.3	Description mathématique	267
5.14	C_BAT_ensemble_baies	277
5.14.1	Introduction	277
5.14.2	Nomenclature	278
5.14.3	Description mathématique	281
5.15	S1_BAT_assemblage_parois opaques	285
5.15.1	Introduction	285
5.15.2	Nomenclature	286
5.15.3	Assemblage des composants	287
5.16	C_BAT_ensemble_parois opaques	288
5.16.1	Introduction	288
5.16.2	Nomenclature	289
5.16.3	Description mathématique	290
5.17	C_BAT_paroie opaque	292
5.17.1	Introduction	292
5.17.2	Nomenclature	293
5.17.3	Description mathématique	295
5.18	S1_BAT_assemblage_ponts thermiques	298
5.18.1	Introduction	298
5.18.2	Nomenclature	299
5.18.3	Description mathématique	300
5.18.4	Assemblage des composants	301
5.19	C_BAT_pont thermique	302
5.19.1	Introduction	302
5.19.2	Nomenclature	303
5.19.3	Description mathématique	305
5.20	C_BAT_ensemble_ponts thermiques	307
5.20.1	Introduction	307
5.20.2	Nomenclature	308
5.20.3	Description mathématique	309
5.21	C_BAT_comportement thermique d'un groupe	310
5.21.1	Introduction	310

5.21.2	Nomenclature	310
5.21.3	Description mathématique	316
6.	VENTILATION.....	326
6.1	C_VEN_BBIO	326
6.1.1	Introduction	326
6.1.2	Nomenclature	327
6.1.3	Description mathématique	329
6.2	C_VEN_Bouche_conduit	331
6.2.1	Introduction	331
6.2.2	Nomenclature	332
6.2.3	Description mathématique	336
6.3	C_VEN_CTA et Double_flux.....	346
6.3.1	Introduction	346
6.3.2	Nomenclature	347
6.3.3	Description mathématique	356
6.4	C_VEN_Mécanique_Basse-Pression	374
6.4.1	Introduction	374
6.4.2	Définition	374
6.4.3	Nomenclature	375
6.4.4	Description mathématique	377
6.5	C_VEN_Mécanique_SF	378
6.5.1	Introduction	378
6.5.2	Nomenclature	379
6.5.3	Description mathématique	383
6.6	C_VEN_Ventilation naturelle et hybride par conduits	389
6.6.1	Introduction et définition	389
6.6.2	Nomenclature	390
6.6.3	Description mathématique	395
6.7	C_VEN_Ventilation naturelle par ouverture de fenêtres	407
6.7.1	Introduction	407
6.7.2	Nomenclature	408
6.7.3	Description mathématique	409
6.8	C_VEN_Puits climatique	410
6.8.1	Introduction	410
6.8.2	Nomenclature	412
6.8.3	Description mathématique	414
6.9	C_VEN_Puits hydraulique	418
6.9.1	Introduction	418
6.9.2	Nomenclature	419
6.9.3	Description mathématique	422
6.10	C_VEN_gestion_régulation_Puits_climatique	427
6.10.1	Introduction	427
6.10.2	Nomenclature	428
6.10.3	Description mathématique	430
6.11	S1_BAT_assemblage_puits_climatique	432
6.11.1	Introduction	432
6.11.2	Nomenclature	433
6.11.3	Assemblage des composants	435
6.12	C_VEN_Fonctions de rafraîchissement par surventilation mécanique des systèmes de ventilation.....	439

6.12.1	Introduction	439
6.12.2	Nomenclature	440
6.12.3	Description mathématique	443
6.13	C_VEN_Calcul des consommations de ventilation des parkings fermés	449
6.13.1	Introduction	449
6.13.3	Nomenclature du modèle	452
6.13.4	Description mathématique	454
7.	ECLAIRAGE.....	458
7.1	C_ECL_éclairage.....	458
7.1.1	Introduction	458
7.1.2	Nomenclature	463
7.1.3	Description mathématique	470
7.2	C_ECL_calcul des consommations d'éclairage des parkings	493
7.2.1	Introduction	493
7.2.2	Nomenclature du modèle	494
7.2.3	description mathématique	496
7.3	C_ECL_calcul des consommations d'éclairage des parties communes en logement collectif	499
7.3.1	Introduction	499
7.3.2	Nomenclature	499
7.3.3	Description mathématique	500
8.	CHAUFFAGE, REFROIDISSEMENT	502
8.1	C_Emi-Systèmes Emissions du groupe en chaud et en froid.....	502
8.1.1	Introduction	502
8.1.2	Nomenclature	503
8.1.3	Description mathématique	512
8.2	FA_Emissions_mixte_et_composite	527
8.2.1	Introduction	527
8.2.2	Définitions.....	527
8.2.3	Partie 1 : prise en compte des systèmes d'émission à air non gainés dans les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs	527
8.2.4	Partie 2 : prise en compte des appareils indépendants de chauffage à bois dans les maisons individuelles ou accolées	529
8.2.5	Partie 3 : prise en compte des appareils indépendants de chauffage à combustible gazeux de type poêles et inserts dans les maisons individuelles ou accolées	533
8.2.6	Partie 4 : systèmes d'émission composites de chauffage.....	534
8.3	C_Emi_Bilan hydrique	542
8.3.1	Introduction	542
8.3.2	Nomenclature	543
8.3.3	Description mathématique	545
8.4	C_Ein_Détermination des saisons de fonctionnement des systèmes de chaud et de froid	550
8.4.1	Introduction	550
8.4.2	Nomenclature	551
8.4.3	Description mathématique	553
8.5	C_Ein_Programmation des relances des systèmes	555
8.5.1	Introduction	555
8.5.2	Nomenclature	556
8.5.3	Description mathématique	558
8.6	S1_Dist_Assemblage des systèmes de chauffage et de refroidissement	561
8.6.1	Introduction	561

8.6.2	Nomenclature	562
8.6.3	Description mathématique	565
8.7	C-DIST-Gestion/régulation des distributions de chauffage et de refroidissement du groupe	568
8.7.1	Introduction	568
8.7.2	Nomenclature	569
8.7.3	Description mathématique	572
8.8	C-Dist-Distribution de chauffage et de refroidissement du groupe.....	580
8.8.1	Introduction	580
8.8.2	Nomenclature	581
8.8.3	Description mathématique	584
8.9	C-DIST-Gestion/régulation des distributions intergroupes de chaud et de froid	587
8.9.1	Introduction	587
8.9.2	Nomenclature	588
8.9.3	Description mathématique	592
8.10	C-Dist-Distribution intergroupes de chaud et de froid.....	602
8.10.1	Introduction	602
8.10.2	Nomenclature	603
8.10.3	Description mathématique	606
8.11	C-Dist-Gestion/régulation des réseaux de distribution des CTA	609
8.11.1	Introduction	609
8.11.2	Nomenclature	610
8.11.3	Description mathématique	614
8.12	C-Dist-Distributions intergroupes des CTA.....	618
8.12.1	Nomenclature	618
8.12.2	Description mathématique	621
8.13	S1_Syst_Assemblage de la génération	622
8.13.1	Introduction	622
8.13.2	Nomenclature	623
8.13.3	Description mathématique	626
8.14	C_Gen_Transferts Entre Generateurs Sur Boucle D'eau	628
8.14.1	Introduction	628
8.14.2	Nomenclature	629
8.14.3	Description mathématique	633
8.15	C_GEN_Transferts entre locaux par les générateurs DRV ou thermofrigopompes	643
8.15.1	Introduction	643
8.15.2	Nomenclature	644
8.15.3	Description mathématique	646
8.16	C_GEN_Gestion/régulation de la génération	649
8.16.1	Introduction	649
8.16.2	Nomenclature	652
8.16.3	Description mathématique	660
8.17	C_GEN_Générateur direct à effet joule	686
8.17.1	Introduction	686
8.17.2	Nomenclature	686
8.17.3	Description mathématique	688
8.18	C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois	690
8.18.1	Introduction	690
8.18.2	Nomenclature	691
8.18.3	Description mathématique	695

8.19	C_GEN_AUTRES_GENERATEURS_A_COMBUSTION	706
8.19.1	Introduction	706
8.19.2	Nomenclature	707
8.19.3	Description mathématique	711
8.20	C_GEN_système de cogénération	723
8.20.1	Introduction	723
8.20.2	Nomenclature	723
8.20.3	Description mathématique	728
8.21	C_GEN_poêles et inserts	740
8.21.1	Introduction	740
8.21.2	Nomenclature	740
8.21.3	Description mathématique	742
8.22	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec	744
8.22.1	Introduction	744
8.22.2	Nomenclature	745
8.22.3	Description mathématique	752
8.23	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_GAZ	818
8.23.1	Introduction	818
8.23.2	Nomenclature	819
8.23.3	Description mathématique	824
8.24	C_Gen_PAC Hybride	890
8.25	C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques	891
8.25.1	Introduction	891
8.25.2	Nomenclature	893
8.25.3	Description mathématique	898
8.26	C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques de type sol	909
8.26.1	Introduction	909
8.26.2	Nomenclature	910
8.26.3	Description mathématique	912
8.27	C_gen_Réseau de chaleur et de froid	914
8.27.1	Introduction	914
8.27.2	Nomenclature	914
8.27.3	Description mathématique	916
8.28	C_GEN_Calculs génération	920
8.28.1	Introduction	920
8.28.2	Nomenclature	921
8.28.3	Description mathématique	929
8.29	C_GEN_Echangeur_Geocooling	946
8.29.1	Introduction	946
8.29.2	Nomenclature	947
8.29.3	Description Algorithmique	950
8.30	C_Sys_Rafraichissement par geocooling (en groupe non-climatisé)	954
8.30.1	Introduction	954
8.30.2	Nomenclature	955
8.30.3	Description Algorithmique	960
8.31	C_BAT_Fonctionnement/gestion/régulation des brasseurs d'air	971
8.31.1	Introduction	971
8.31.2	Nomenclature	972
8.31.3	Description mathématique	975

8.32	FA_Bâtiments_livrés_sans_équipements	984
8.32.1	Introduction	984
8.32.2	Cas 1 : Cas des bâtiments achevés sans équipement de chauffage	984
8.32.3	Cas 2 : Cas des bâtiments achevés partiellement sans équipement de chauffage	986
9.	ECS.....	987
9.1	S1_BAT_production_instantanée_ECS_(dé)centralisée	987
9.1.1	Introduction	987
9.1.2	Nomenclature	988
9.1.3	Assemblage des composants de la production d'ECS instantanée, centralisée ou décentralisée.....	990
9.2	S3_BAT_production_stockage_ECS_(dé)centralisée	993
9.2.1	Introduction	993
9.2.2	Nomenclature	994
9.2.3	Assemblage des composants de la production d'ECS centralisée ou décentralisée avec stockage(s)	996
9.3	S3_BAT_production_ECS_centralisée_appoints_décentralisés	999
9.3.1	Introduction	999
9.3.2	Nomenclature	1000
9.3.3	Assemblage des composants de la production d'ECS centralisée avec appoints décentralisés	1003
9.4	S3_BAT_production_mixte	1005
9.4.1	Introduction	1005
9.4.2	Nomenclature	1006
9.4.3	Assemblage des composants de la production mixte.....	1008
9.5	C_EMI_Emission_ECS	1010
9.5.1	Introduction	1010
9.5.2	Nomenclature	1011
9.5.3	Description mathématique	1013
9.6	C_EIN_besoins_ECS.....	1017
9.6.1	Introduction	1017
9.6.2	Nomenclature	1018
9.6.3	Description mathématique	1021
9.7	C_DIS_Distribution_ECS_du_groupe	1035
9.7.1	Introduction	1035
9.7.2	Nomenclature	1036
9.7.3	Description mathématique	1038
9.8	C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe.....	1042
9.8.1	Introduction	1042
9.8.2	Nomenclature	1043
9.8.3	Description mathématique	1046
9.9	C_STO_Ballon_de_stockage	1053
9.9.1	Introduction	1053
9.9.2	Nomenclature	1054
9.9.3	Description mathématique	1058
9.10	C_STO_gestion_régulation_ballon.....	1067
9.10.1	Introduction	1067
9.10.2	Nomenclature	1068
9.10.3	Description mathématique	1071
9.11	C_STO_échangeur_ballon	1078
9.11.1	Introduction	1078

9.11.2	Nomenclature	1078
9.11.3	Description Algorithmique Pour l'échangeur externe	1081
9.11.4	Description Algorithmique Pour l'échangeur interne	1085
9.12	C_STO_Accumulateur_ECS en eau technique	1089
9.12.1	Introduction	1089
9.12.2	Nomenclature	1090
9.12.3	Description algorithmique	1094
9.13	S1_GEN_générateur_pour_ballon	1112
9.13.1	Introduction	1112
9.13.2	Nomenclature	1113
9.13.3	Assemblage des composants du générateur pour stockage	1114
9.14	S2_GEN_Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballon et d'un ou plusieurs générateurs	1117
9.14.1	Introduction	1117
9.14.2	Nomenclature	1117
9.14.3	Assemblage des composants	1120
9.15	C_GEN_Boucle solaire	1129
9.15.1	Introduction	1129
9.15.2	Nomenclature	1130
9.15.3	Description mathématique	1132
9.16	S1_GEN_CESCI	1136
9.16.1	Introduction	1136
9.16.2	Nomenclature	1137
9.16.3	Assemblage des composants	1142
9.17	S2_GEN_CESCAI	1162
9.17.1	Introduction	1162
9.17.2	Nomenclature	1163
9.17.3	Assemblage des composants du CESCAI	1167
9.18	C_STO_Gestion-régulation_de_la_Boucle_de_Chauffage	1179
9.18.1	Introduction	1179
9.18.2	Nomenclature	1180
9.18.3	Description mathématique	1182
9.19	S2_GEN_Système_Solaire_Combiné_appoint_Chauffage_indépendant	1184
9.19.1	Introduction	1184
9.19.2	Nomenclature	1185
9.19.3	Assemblage des composants	1187
9.20	S2_GEN_Système_Solaire_Combiné_appoint_chauffage_raccordé	1194
9.20.1	Introduction	1194
9.20.2	Nomenclature	1195
9.20.3	Assemblage des composants	1197
9.21	Récupération sur les eaux grises	1204
9.21.1	Introduction	1204
9.21.2	Émetteur Équivalent	1205
9.21.3	Assemblage ballon ECS	1218
9.21.4	DISTRIBUTION d'évacuation DES EAUX GRISES du groupe	1221
9.21.5	DISTRIBUTION d'évacuation INTERGROUPE DES EAUX GRISES	1224
9.21.6	ÉCHANGEUR instantané de chaleur sur les eaux grises	1227
9.22	PR1_IdCET_Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique	1231
9.22.1	Introduction	1231
9.22.2	Nomenclature	1232
9.22.3	Description mathématique	1236

9.23	PR2_IdCESI_ Saisie des chauffe-eau solaires individuels (Kit CESI)	1252
9.23.1	Introduction	1252
9.23.2	Nomenclature	1253
9.23.3	Description mathématique	1254
9.24	FA_Bâtiments non équipés de production d'eau chaude sanitaire	1257
9.24.1	Introduction	1257
9.24.2	Champ d'application	1257
9.24.3	Prise en compte dans le calcul réglementaire	1257
10.	LE DEPLACEMENT INTERNE AU BÂTIMENT DES OCCUPANTS.....	1258
10.1	C_Bat_Ascenseurs.....	1258
10.1.1	Introduction	1258
10.1.2	Nomenclature du modèle	1259
10.1.3	Description mathématique	1263
10.2	C_Bat_Escalators.....	1272
10.2.1	Introduction	1272
10.2.2	Nomenclature du modèle	1273
10.2.3	Description mathématique	1275
11.	PERTES.....	1282
11.1	C_PER_Pertes et consommations électriques récupérables.....	1282
11.1.1	Introduction	1282
11.1.2	Nomenclature	1283
11.1.3	Description mathématique	1286
12.	PRODUCTION LOCALE D'ELECTRICITE.....	1288
12.1	S1_PV_installation_PV	1288
12.1.1	Introduction	1288
12.1.2	Nomenclature	1289
12.1.3	Assemblage des composants.....	1290
12.2	S2_PV_global_PV	1291
12.2.1	Introduction	1291
12.2.2	Nomenclature	1292
12.2.3	Assemblage des composants.....	1293
12.3	C_PV_capteur_PV	1294
12.3.1	Introduction.....	1294
12.3.2	Nomenclature	1295
12.3.3	Description mathématique	1298
12.4	C_PV_onduleurs_PV	1301
12.4.1	Introduction	1301
12.4.2	Nomenclature	1302
12.4.3	Description mathématique	1303
13.	Calcul des indicateurs soumis à un seuil	1304
13.1	C_CALC_Sorties du mode Th-B	1304
13.1.1	Introduction	1304
13.1.2	Nomenclature	1305
13.1.3	Description mathématique	1308
13.2	C_CALC_Sorties du mode Th-C	1313
13.2.1	Introduction	1313
13.2.2	Nomenclature	1314
13.2.3	Description mathématique	1319

13.3	C_Sn_Methode_Th_C_Climatisation_Fictive	1327
13.3.1	Introduction.....	1327
13.3.3	Nomenclature du modèle	1330
13.3.4	Description mathématique	1341
13.4	C_Calc_Bilans_Energies_Consommees_et_importées	1358
13.4.1	Introduction.....	1358
13.4.2	Nomenclature	1358
13.4.3	Description mathématique	1360
13.5	C_BAT_Confort_d'été.....	1366
13.5.1	Introduction.....	1366
13.5.2	Nomenclature	1367
13.5.3	Description mathématique	1369
13.6	C_CALC_SORTIES RCR.....	1373
13.6.1	Introduction.....	1373
13.6.2	Nomenclature	1373
13.6.3	Description mathématique	1375
13.7	C_CALC_Indicateurs pédagogiques en fonction du nombre d'occupants	1377
13.7.1	Introduction.....	1377
13.7.2	Nomenclature	1377
13.7.3	Description mathématique	1378
14.	SCENARIOS CONVENTIONNELS.....	Erreur ! Signet non défini.
14.1	BATIMENT A USAGE D'HABITATION - MAISON INDIVIDUELLE OU ACCOLEE.....	Erreur ! Signet non défini.
14.2	BATIMENT A USAGE D'HABITATION - LOGEMENT COLLECTIF	Erreur ! Signet non défini.
14.3	BUREAUX	Erreur ! Signet non défini.
14.4	COMMERCE, MAGASIN, ZONES COMMERCIALES.....	Erreur ! Signet non défini.
14.5	ETABLISSEMENT D'ACCUEIL DE LA PETITE ENFANCE (CRECHE, HALTE-GARDERIE)	Erreur ! Signet non défini.
14.6	ENSEIGNEMENT PRIMAIRE	Erreur ! Signet non défini.
14.7	ENSEIGNEMENT SECONDAIRE (PARTIE JOUR).....	Erreur ! Signet non défini.
14.8	ENSEIGNEMENT SECONDAIRE (PARTIE NUIT)	Erreur ! Signet non défini.
14.9	ENSEIGNEMENT - UNIVERSITE.....	Erreur ! Signet non défini.
14.10	BATIMENT A USAGE D'HABITATION - ETABLISSEMENT SANITAIRE AVEC HEBERGEMENT... ..	Erreur ! Signet non défini.
14.11	ETABLISSEMENT SPORTIF SCOLAIRE	Erreur ! Signet non défini.
14.12	ETABLISSEMENT SPORTIF MUNICIPAL ou PRIVE	Erreur ! Signet non défini.
14.13	BATIMENT A USAGE D'HABITATION - FOYER DE JEUNES TRAVAILLEURS	Erreur ! Signet non défini.
14.14	BATIMENT A USAGE D'HABITATION - CITE UNIVERSITAIRE	Erreur ! Signet non défini.
14.15	HOPITAL (PARTIE JOUR).....	Erreur ! Signet non défini.
14.16	HOPITAL (PARTIE NUIT)	Erreur ! Signet non défini.
14.17	HOTEL 0 1* ET 2* (PARTIE JOUR)	Erreur ! Signet non défini.
14.18	HOTEL 0 ET 1* (PARTIE NUIT)	Erreur ! Signet non défini.
14.19	HOTEL 2* (PARTIE NUIT).....	Erreur ! Signet non défini.
14.20	HOTEL 3*, 4* et 5* (PARTIE JOUR).....	Erreur ! Signet non défini.
14.21	HOTEL 3* (PARTIE NUIT).....	Erreur ! Signet non défini.
14.22	HOTEL 4* et 5* (PARTIE NUIT)	Erreur ! Signet non défini.

14.23	INDUSTRIE - 3 x 8h	Erreur ! Signet non défini.
14.24	INDUSTRIE 8h à 18h.....	Erreur ! Signet non défini.
14.25	RESTAURATION SCOLAIRE - 1 REPAS / JOUR, 5j/7	Erreur ! Signet non défini.
14.26	RESTAURATION - 1 REPAS / JOUR, 5j/7	Erreur ! Signet non défini.
14.27	RESTAURATION - 2 REPAS / JOUR, 6j/7.....	Erreur ! Signet non défini.
14.28	RESTAURATION - 2 REPAS / JOUR 7j/7	Erreur ! Signet non défini.
14.29	RESTAURATION SCOLAIRE - 3 REPAS / JOUR, 5j/7	Erreur ! Signet non défini.
14.30	RESTAURATION COMMERCIALE EN CONTINUE (18h/j 7j/7).....	Erreur ! Signet non défini.
14.31	TRIBUNAL	Erreur ! Signet non défini.
14.32	TRANSPORT - AEROGARE	Erreur ! Signet non défini.
15.	GLOSSAIRE	1379

Version du 04/08/20

Partie I – Methode de calcul Energie

1. GENERALITES

1.1 INTRODUCTION

La méthode de calcul Th-BCE 2020 a pour objet le calcul réglementaire des coefficients **Bbio**, **Cep**, **Cep_{nr}**, **DH** et **RCR**. 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 Bbio 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 valorisation 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/(m².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 Bbio 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, pour les groupes non climatisés, 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 RE2020

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. $SREF^{gr}$ $SREF^{zn}$ $SREF^{bat}$)

Version du 04/08/20

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, foyer de jeunes travailleurs, cité universitaire 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.

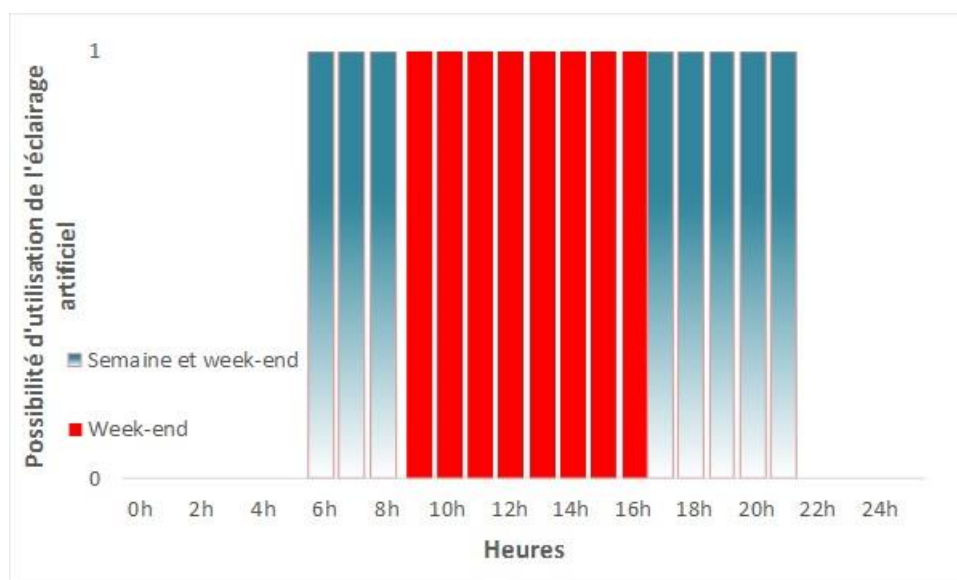


Figure 2 – Horaires d'utilisation possible de l'éclairage artificiel en logement

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 une cité universitaire ou 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 :

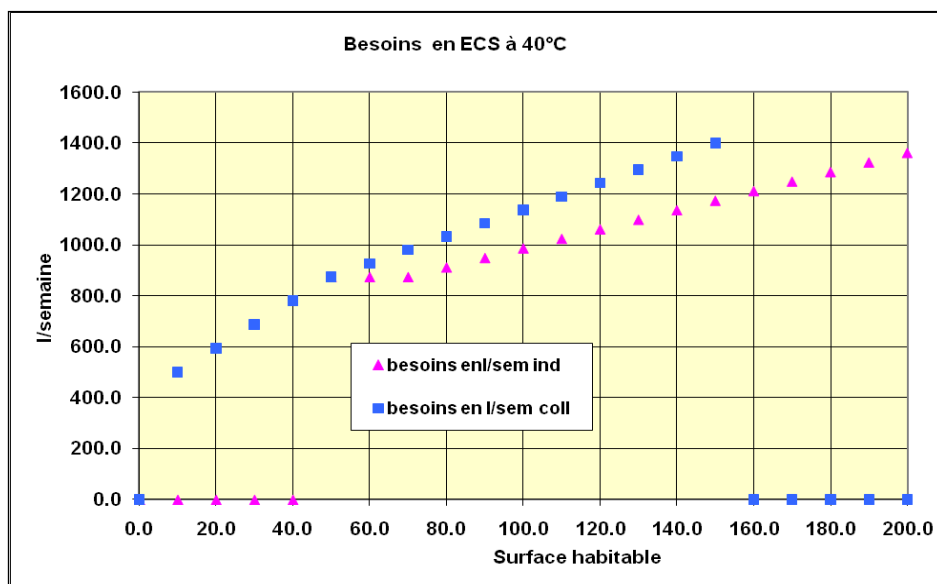


Figure 3 – Evolution des besoins d'eau chaude sanitaire hebdomadaires en fonction de la surface du logement

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

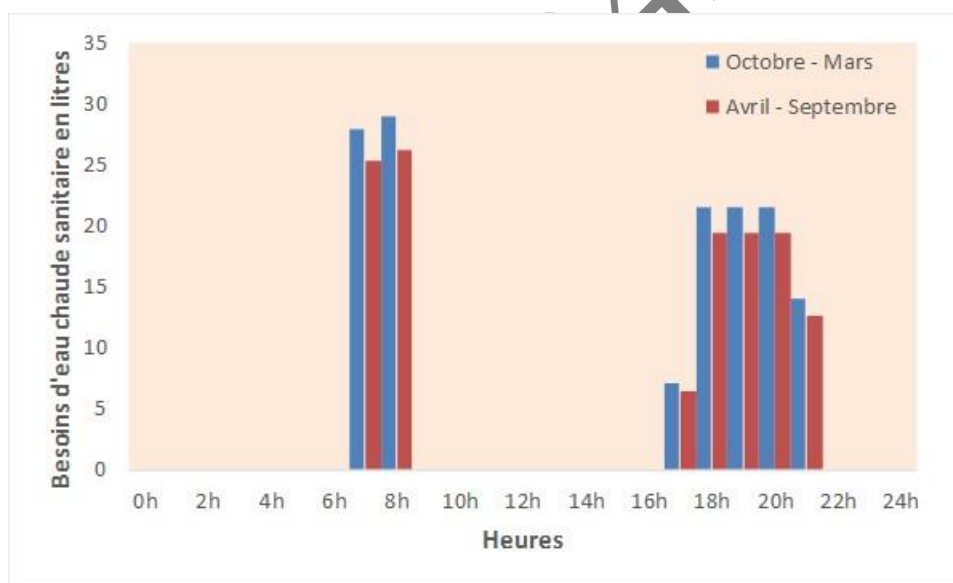


Figure 4 – Evolution des besoins d'eau chaude sanitaire dans une maison de 90m² sur une journée

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.

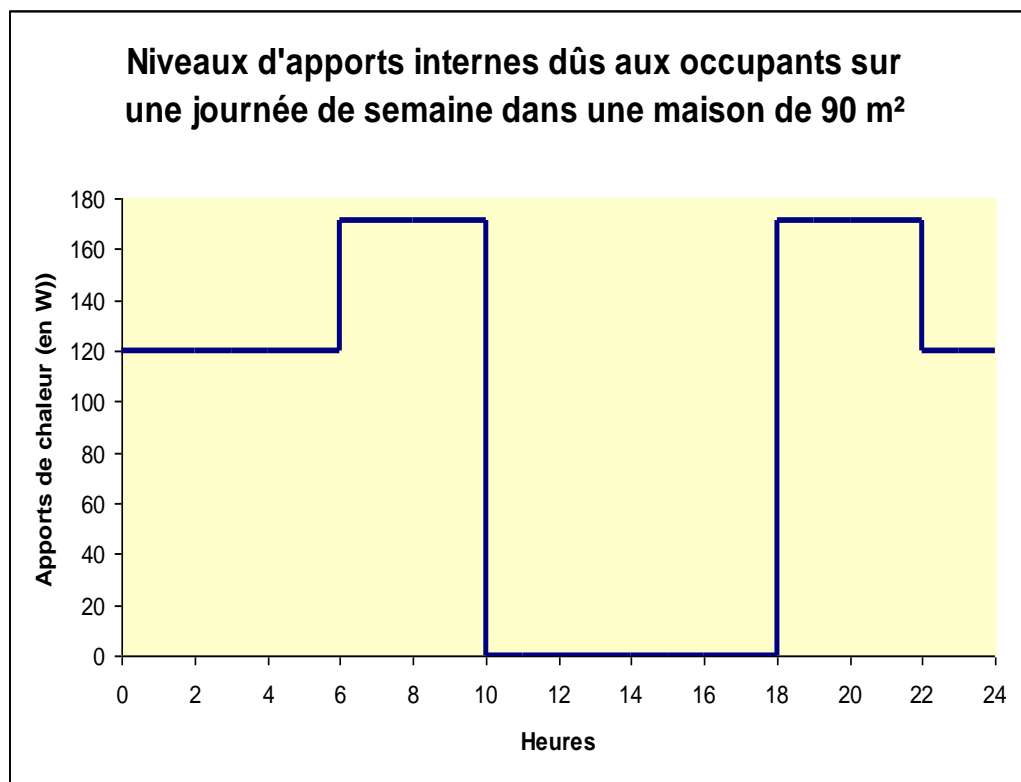


Figure 5 – Evolution des apports internes de chaleur liés aux occupants sur une journée de semaine dans une maison de 90m²

- **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.

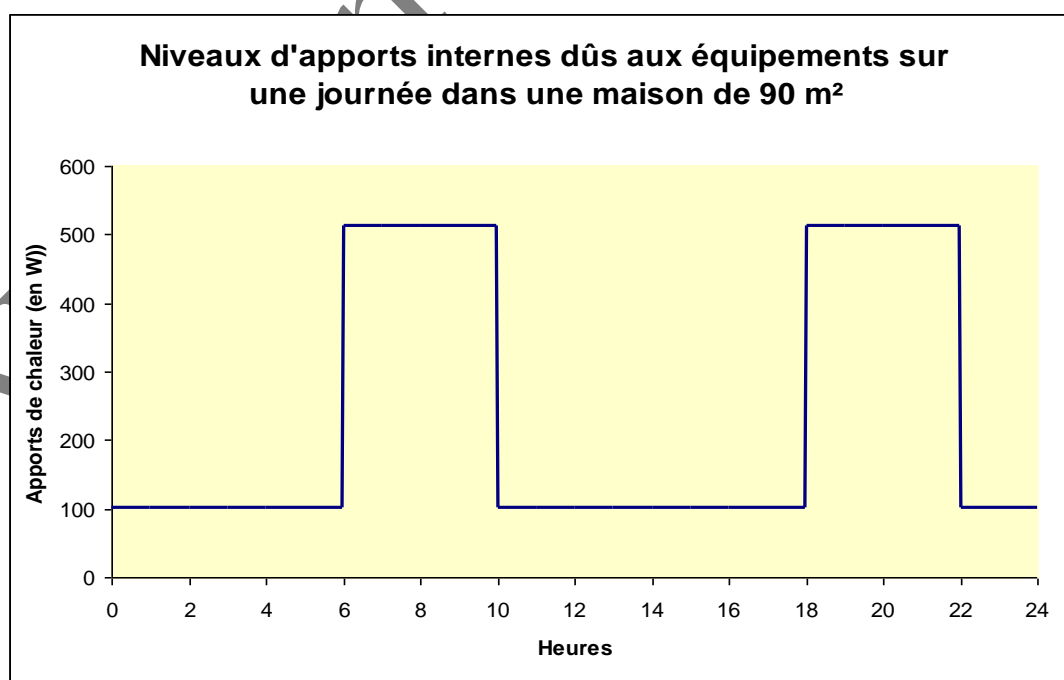


Figure 6 – Evolution des apports internes dus aux équipements sur une journée de semaine dans une maison de 90m²

- **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.

Version du 04/08/20

2.1.1.3 Synthèse des scénarios

Zone	Plage d'occupation / zone - Horaire chauffage/troisième	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par de tout surface utile du loca/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
		confort	réduit court	réduit long	confort	réduit court	réduit long								
Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	24h/24 : 7j/7 (Inoccupé 1 semaine en décembre)	19	16	16	26	30	30	Éclairage artificiel autoréglé de 6h à 9h et de 17h à 22h en semaine	Idem occupation	Logements	90	Voir fiche algo	5,7	1,14	
										Circulation	10		0	0	
Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle ou accolée	24h/24 : 7j/7 (Inoccupé 1 semaine en décembre)	19	16	16	26	30	30	Éclairage artificiel autoréglé de 6h à 9h et de 17h à 22h en semaine	Idem occupation	Maison individuelle	100	Voir fiche algo	5,7	1,14	
Bureaux	Lun - Ven 7h-19h	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau	60	0,1	1,6	1,6	1,25 L/m² de surface utile
										Salle de réunion	10	0,42	1,0	0	
										Circulation Accueil	26	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	3	0	0	0	
										Salle de jeux	30	0,25	0	0	
Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	Lun-Ven 7h-19h	21	18	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle de repos	20	0,67	0	0	52,5 L/nb de lits
										Bureau	15	0,067	1,6	1,6	
										Salle de réunion	10	0,42	1,0	0	
										Circulation Accueil	15	0	0	0	
										Sanitaires - vestiaire	10	0	0	0	
Enseignement primaire	Lun - Ven 8h-17h Inoccupé en vacances scolaires hors juillet-août (occupé à 50%)	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle de classe	55	0,66	0	0	0,2 L/m² de surface utile
										Bureau	10	0,067	1,6	1,6	
										Salle de réunion	5	0,42	1,0	0	
										Salle de repos	15	0,67	0	0	
										Circulation Accueil	10	0	0	0	
Enseignement secondaire (partie jour)	Lun - Ven 8h-18h; Sam 8h-12h - Inoccupé en vacances scolaires hors été	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Sanitaires - vestiaire	5	0	0	0	0,2 L/m² de surface utile
										Salle de classes	25	0,67	0	0	
										Salle de réunion	10	0,42	1,0	0	
										Salle enseignement informatique	5	0,335	2,6	2,60	
										Salle de conférence salle polyvalente	15	0,33	1,0	0	
Enseignement secondaire (partie nuit)	Lun-Ven 18h-8h; Sam : présence jusqu'à 12h Dim : présence à partir de 18h ; Inoccupé en vacances (vacances d'été)	19	16	7	26	30	30	Éclairée de 6h à 8h et de 18h à 21h	Idem occupation	Bureau standard	10	0,1	1,6	1,60	0,2 L/m² de surface utile
										Centre de documentation	5	0,1	5	0,5	
										Salle des professeurs	5	0,67	0	0	
										Circulation Accueil	20	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
Enseignement - université	Lun-Ven 8h-18h; Sam 8h-12h	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Douches collectives	10	0	0	0	330 L/nb de lits
										Sanitaires collectifs	10	0	0	0	
										Circulation	20	0	0	0	
										Chambre sans cuisine ni salle de bain	60	0,17	0	0	
										Salle de classe	35	1	0	0	
Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	24h/24h : 7j/7	19	16	7	26	30	30	Lun-Ven : 7h-9h et 19h- 22h Sam-Dim : 7h-22h	Idem occupation	Amphithéâtre, salle de conférence	15	0,33	1,0	0	330 L/nb de lits
										Salle enseignement informatique	5	0	2,6	2,60	
										Centre de documentation	5	0,1	5	0,5	
										Bureaux	10	0,1	1,6	1,60	
										Salle de réunion	5	0,42	1,0	0	
Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	24h/24h : 7j/7	19	16	7	26	30	30	Lun-Ven : 7h-9h et 19h- 22h Sam-Dim : 7h-22h	Idem occupation	Accueil hall d'entrée circulation	20	0	0	0	330 L/nb de lits
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Salle de conférence	10	0,33	1,0	0	
										Chambre sans cuisine avec salle de bain	60	0,17	6,8	0	
										Bureau standard	5	0,1	1,6	1,60	

Méthode de calcul Th-BCE 2020

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	Chaleur : apports internes en occupation (hors éclairage) W/m² utile	Chaleur : apports internes équipement hors occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C
Hôtel 0 étoile et 1 étoile (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacances	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilée 24h/24h	Chambre sans cuisine avec salle de bain	72,8	0,075	5,3	0,80	420,6 L/chambre
										Sanitaires collectifs	0,6	0	0	0	
										Locaux de services	3,2	0	0	0	
										Circulation	23,3	0	0	0	
Hôtel 2 étoiles (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacances	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilée 24h/24h	Chambre sans cuisine avec salle de bain	72,8	0,05	4	0,60	586,2 L/chambre
										Sanitaires collectifs	0,6	0	0	0	
										Locaux de services	3,2	0	0	0	
										Circulation	23,3	0	0	0	
Hôtel 3 étoiles (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacances	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilée 24h/24h	Chambre sans cuisine avec salle de bain	72,8	0,0428	4,428	1,67	655,2 L/chambre
										Sanitaires collectifs	0,6	0	0	0	
										Locaux de services	3,2	0	0	0	
										Circulation	23,3	0	0	0	
Hôtel 4 étoiles 5 étoiles (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacances	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilée 24h/24h	Chambre sans cuisine avec salle de bain	72,8	0,0375	4,625	1,57	902,7 L/chambre
										Sanitaires collectifs	0,6	0	0	0	
										Locaux de services	3,2	0	0	0	
										Circulation	23,3	0	0	0	
Hôtel 0 étoile, 1 étoile et 2 étoiles (partie jour)	6h-20h ; 7j/7	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	11,6	0,067	16	0	0,24 L/m² de surface utile
										Sanitaires collectifs	5,1	0	0	0	
										Circulation Accueil	43,1	0	0	0	
										Salle petits déjeuners	40,2	0,5	88,9	7	
Hotel 3 étoiles, 4 étoiles et 5 étoiles (partie jour)	6h-20h ; 7j/8	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	10,5	0,067	16	0	0,24 L/m² de surface utile
										Sanitaires collectifs	3,7	0	0	0	
										Circulation Accueil	17,3	0	0	0	
										Bar	8,7	0,1	34,4	4,7	
Restauration - 1repas/jour, 5j/7	Lun-Ven : 9h -15h - innoupée dernière semaine de décembre	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle petits déjeuners	17,0	0,5	44,3	2,3	45 L/nombre de repas servis pour un self
										Salle de séminaires réunion	42,8	0,42	10	0	
										Salle restaurant	70	0,77	0	0	
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
Restauration scolaire - 1repas/jour, 5j/7	Lun-Ven : 9h -15h - innoupée vacances scolaires	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Locaux de services	10	0	0	0	45 L/nombre de repas servis pour un self
										Salle restaurant	70	0,77	0	0	
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration scolaire 3 repas/jour, 5j/ 7	Lun - Ven 6h-15h + 16h-20h - innoupée en vacances (vacances lycée)	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle restaurant	70	1,11	0	0	95 L/nombre de repas servis pour un self
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
										Salle restaurant	70	0,59	0	0	
Restauration 2 repas/jour, 6j/7	Lun-Sam : 10h-15h + 17h-23h	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	306 L/nombre de repas servis
										Locaux de services	10	0	0	0	
										Salle restaurant	70	0,59	0	0	
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
Restauration 2 repas/jour, 7j/7	Lun-Dim : 9h-15h + 17h-23h	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Locaux de services	10	0	0	0	357 L/nombre de repas servis
										Salle restaurant	70	0,59	0	0	
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	Lun-Dim : 6h-24h	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle restaurant	70	0,59	0	0	189 L/nombre de repas servis
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
										Salle de sport	75	0,1	0	0	
Etablissement sportif scolaire	Lun - Ven 8h-18h; innoupée en vacances (vacances lycée)	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation Accueil	10	0	0	0	1,25 L/m² de surface chauffée
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Douches collectives	10	0	0	0	
										Salle de sport	75	0,1	0	0	
Etablissement sportif municipal ou privé	Lun-Sam 8h-22h et Dim 8h-13h (fermé une semaine en décembre)	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Circulation Accueil	10	0	0	0	1200 L/nb de douches
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Douches collectives	10	0	0	0	
										Salle de sport	75	0,1	0	0	

Méthode de calcul Th-BCE 2020

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	Chaleur : apports internes en occupation (hors éclairage) W/m² utile	Chaleur : apports internes équipement hors occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C
Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	24h/24h ; 7j/7 ; pas de vacances	21	18	7	26	30	30	6h-10h et 16h-20h	Idem occupation	Chambre sans cuisine avec salle d'eau	50	0,063	6,8	1,20	600 L/lit
										Circulation accueil	20	0	0	0	
										Douches collectives	10	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	10	0	0	0	
										Bureau	18	0,1	16	1,60	
Hôpital partie nuit	24h/24h - 7j/7	21	18	7	26	30	30	100% (de la puissance installée) d'éclairage de 8h à 19h puis diminution à 35% de 19h à 8h	Idem occupation	Chambre sans cuisine avec	20	0,08	6,8	1,20	820 L/lit
										Douches collectives	5	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Circulation accueil	15	0	0	0	
										Locaux soins et offices	20	0,06	0	0	
										Bureau	15	0,57	16	1,60	
										Salle d'attente et urgence	15	0,4	0	0	
										Aire de production	5	0,14	5	0	
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Circulation accueil	25	0	0	0	
Hôpital partie jour	8h-19h ; 6j/7	21	18	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Douches collectives	5	0	0	0	0,24 L/m² de surface utile
										Salle d'attente et consultation	25	0,4	0	0	
										Bureau	20	0,57	16	1,60	
										Salle de réunion	15	0,42	10	0	
										Bureau standard	10	0,1	16	1,60	
										Circulation Accueil	10	0	0	0	
										Aire de production	60	0,05	2	0	
										Sanitaires - vestiaire	5	0	0	0	
										Douches collectives	5	0	0	0	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Industrie - 8h à 18h	8h-18h; 5j/7 (pas de vacances)	15	7	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	10	0,1	16	1,60	0,2 L/m² de surface utile
										Circulation Accueil	10	0	0	0	
										Aire de production	60	0,05	2	0	
										Sanitaires - vestiaire	5	0	0	0	
										Douches collectives	5	0	0	0	
										Locaux de services	10	0	0	0	
										Bureau standards	58	0,1	16	0,00	
										Accueil salle des pas perdus	8	0,2	0	0	
										Attente gardée	4	0	0	0	
										Salle d'audience	7	0,33	0	0	
Tribunal	5j/7; 8h-21h - pas de vacances	19	16	16	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Salle d'audience civile	7	0,33	0	0	0,24 L/m² de surface utile
										Bibliothèque	2	0,1	5	0	
										Circulation	6	0	0	0	
										Locaux de services	5	0	0	0	
										Sanitaires vestiaires	3	0	0	0	
										Voyageurs	42	0,25	5	0	
										Galeries de circulation	17,9	0,08	2	0	
										CommerceS	10,9	0,12	5	0	
										Bureau	14,3	0,1	16	1,6	
										Inspection filtrage	4,3	0,33	10	0	
Transport - Aérogare	6h-24h ; 7j/7	19	7	7	26	30	30	Idem occupation sauf réduit à 33% de 0h à 5h	Idem occupation	Sanitaires - vestiaire	10,5	0	0	0	0,24 L/m² de surface utile
										Petit magasin de vente (surface inférieure à 300m²)	40	0,25	48 (éclairage scénique)	0	
										Aire de vente (surface supérieure à 300m²)	25	0,15	8 de 8h à 13h et 2 de 13h à 22h	0	
										Circulation (mail)	28	0,2	8	0	
										Sanitaires collectifs	1	0	0	0	
										Douches collectives	1	0	0	0	
										Locaux de services	5	0	0	0	
Commerce, magasin, zones commerciales	Lun-sam : 7h-22h 6j/7	19	16	7	26	30	30	Idem occupation sauf 50% de 7h à 8h	Idem occupation						0,24 L/m² de surface utile

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.

On décrit ci après quelques-uns des ces impacts et les données conventionnelles correspondantes.

2.1.2.1 *La gestion de la surventilation par ouverture des baies*

La méthode de calcul prévoit un scénario de gestion manuelle (par les occupants) de l'ouverture des baies à des fins de surventilation naturelle (pour le confort thermique). Elle prévoit également la présence éventuelle d'un système de gestion automatique de l'ouverture, permettant la surventilation nocturne.

Dans les deux cas, les modèles reposent sur les niveaux de températures intérieure et extérieure.

Ces scénarios ne sont applicables que dans les bâtiments qui ne sont pas équipés de systèmes actifs de refroidissement, ou au cours des périodes où ces dispositifs ne sont pas activés (hiver, mi-saison, périodes d'inoccupation...).

Version du 04/08/20

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	-	
Jour_an née	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	0	25	-	
Rdir _{Dn}	Rayonnement direct normal au rayonnement solaire	W/m²	0	1370	-	
Rdiff	Rayonnement diffus horizontal	W/m²	0	1370	-	
Te _{ciel}	Température du ciel	°C	-	-	-	
dT _{ciel}	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	-	-	-	
γ	Hauteur du soleil	rd	0	π/2	-	
ψ	Orientation du soleil par rapport au sud (lever négatif)	rd	-π	+π	-	
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 / 1-Th-C / 2-Th-E (ancien indicateur) / 3-Th-BCE / 4-Th-D (nouvel indicateur) / 5-Th-BCDE)	-	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_mo	Le jour du mois	
is		
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_an	Le numéro du jour de l'année	
née		
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
Idi	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
γ	Hauteur angulaire du soleil au dessus de l'horizon	radian
ψ	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
Edi	Eclairement diffus horizontal	Lux
Hleg	Heure légale	h
θ_{base_ext}	Température extérieure de base (corrigée par l'altitude)	°C
$I_{sconf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-
$\theta_{rm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C

Variables internes

Nom	Description	Unité		
$\theta_{base_ext_0}$	Température de base pour le département associé à l'altitude 0m.	°C		
Pvs	Pression de vapeur saturante	hpa		
$\theta_{rm}(j-1)$	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		
Premier_jour	Premier jour et dernier jour de la période de confort adaptatif	j	0	365
Dernier_jour		j	0	365
premier_trouvé	Variable booléenne permettant de stopper l'algorithme itératif de calcul du premier jour et du dernier jour de la période de confort adaptatif	-	-	-
dernier_trouvé		-	-	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
P	Pression atmosphérique	hpa	1013

Tableau 1 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

3.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

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.

$$H_{leg} = l_{hj} + EHLO$$

Correction d'altitude.

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

$$\theta_{base_ext} = \theta_{base_ext_0} - 0.005 * alt_{corr}$$

$$Te = Te0 - 0.005 * altcorr$$

$$we = (we0 - 0.0025 * altcorr) / 1000$$

$$Teau = Teau0 - 0.005 * altcorr$$

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 $I_{HJ}=1$) et reprise pour l'ensemble des autres pas de temps du jour.

Si $I_{HJ} = 1$,

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

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

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

premier_trouvé = vrai

$$\text{premier_jour} = j$$

$$j = j + 1$$

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 $premier_jour \leq j \leq dernier_jour$

$$IS_{conf_adapt}(h) = 1$$

(2)

Sinon

$$IS_{conf_adapt}(h) = 0$$

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 algorithmique 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			
$T_{e_{ciel}}$	Température du ciel	°C			
T_e	Température extérieure d'air sec	°C			
w_e	Poids d'eau	kg/kgas			
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	-
lp_b	Largeur de la paroi	m	0	+∞	-
hp_b	Hauteur de la paroi	m	0	+∞	-
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	+∞	
d_{pd}	Distance entre la paroi et le masque proche vertical droit	m	0	+∞	
<i>Pour masque vertical gauche</i>					
d_{vg}	Profondeur du masque proche vertical gauche	m	0	+∞	
d_{pg}	Distance entre la paroi et le masque proche vertical gauche	m	0	+∞	

Pour masque proche horizontal

d_{hm}	Profondeur du masque proche horizontal	m	0	$+\infty$
d_{hp}	Distance entre la paroi et le masque proche horizontal	m	0	$+\infty$

Pour masque vertical lointain

d_E	Distance entre le masque vertical lointain et la paroi	m	0	$+\infty$
hp_E	Hauteur du masque lointain vertical par rapport au centre de la paroi	m	0	$+\infty$

Pour masque vertical par tranches azimutales

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 15
$T_{simul_deb_veg}$	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 -
$Id_{masque[N_{masque}]}$	Identifiant des masques	-	-	- -

Sorties

Nom	Description	Unité
T_e	Température extérieure d'air sec	°C
w_e	Poids d'eau	kg/kgas
V_{enc}	La vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s
Dir_{vent}	Direction du vent	°
$T_{e_{ciel}}$	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/m²
$Dfp^*_{,ev}$	Rayonnement diffus atteignant une paroi	W/m²
$Rrp^*_{,ev}$	Rayonnement réfléchi atteignant une paroi	W/m²
$Erp^*_{,ev}$	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/m²
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/m²

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/m²
Dfp	Rayonnement diffus incident	W/m²
Rrp	Rayonnement réfléchi incident	W/m²
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,

(4)

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

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 ($E_{Dh} + E_{di}$) :

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

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

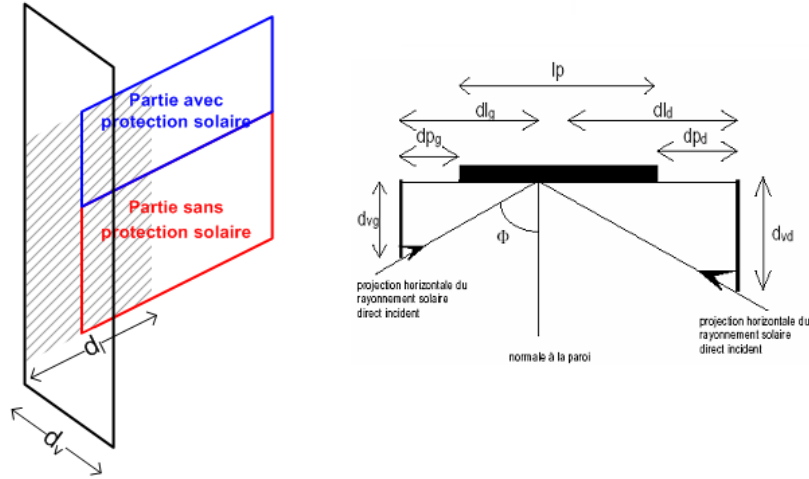


Figure 7 : Masques proches verticaux

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 $d_{vg} > 0$

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

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

- si $d_{vg} \leq 0$

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

- si $d_{vd} > 0$

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

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

- 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

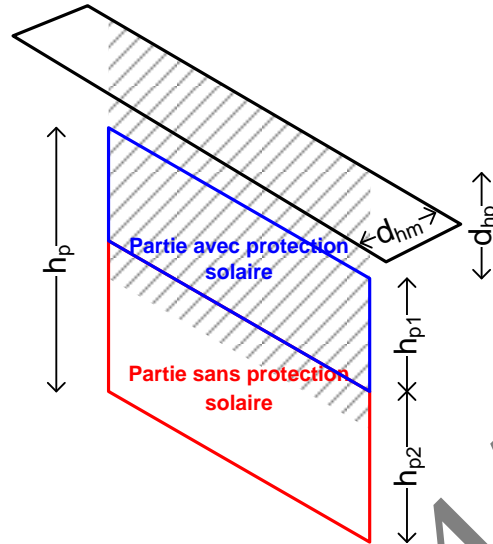


Figure 8 : Masque proche horizontal

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.

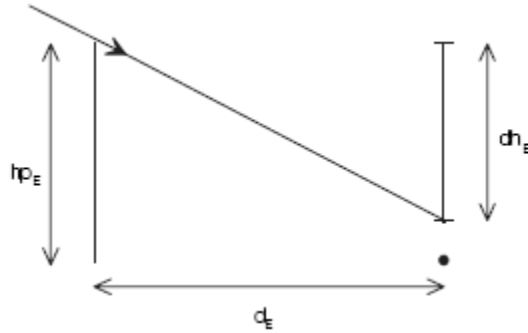


Figure 9 : Masque lointain défini par un plan vertical

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 $hp_E > 0$

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

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

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

- 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).

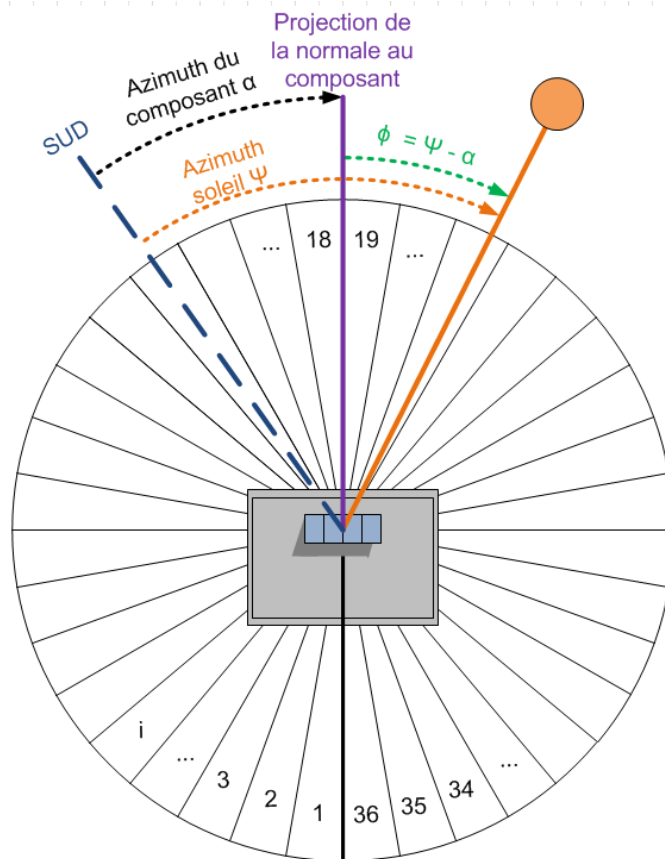


Figure 10 : masques lointains définis par 36 tranches azimutales sur une paroi non-v verticale avec soleil présent dans la tranche d'indice $i = 21$

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 éclairement 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'éclairement naturel direct que pour le rayonnement solaire.

3.2.3.15.2 *Rayonnement solaire diffus et éclairement 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'éclairement 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 proposé convient pour les combinaisons de masques proches de type loggia.

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

Le facteur d'affaiblissement global du rayonnement solaire direct ou de l'éclairement 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 scenarios d'usage, de températures et d'apport internes (occupant, matériels ...).

Le scenario 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/sem aine	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_{lgt}	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 l	-
$\phi_{int,conv}^l$	Apports internes convectifs au local l	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_{igt}	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

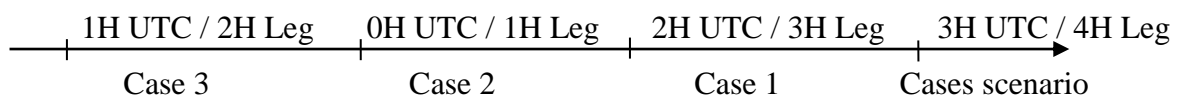
1. Le mois de l'année m de 1 à 12
2. La semaine du mois s de 1 à 4 ou 5 suivant le mois
3. Le jour de la semaine j entre 1 et 7
4. l'heure du jour h entre 1 et 24

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 $i_{\text{hébergement}}$	Valeur de $i_{\text{enseignement}}$
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	1	0
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	1	0
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	0	0
4	Enseignement primaire	0	1
5	Enseignement secondaire (partie jour)	0	1
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	1	1
7	Enseignement - université	0	1
10	Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	1	0
11	Hôtel 2* (partie nuit)	1	0
12	Hôtel 3* (partie nuit)	1	0
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	1	0
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	0	0
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	0	0
16	Bureaux	0	0
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	0	0
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	0	0
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	0	0
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	0	0
22	Commerce, magasin, zones commerciales	0	0
24	Etablissement sportif scolaire	0	1
26	EHPAD	1	0
27	Hôpital (partie nuit)	1	0
28	Hôpital (partie jour)	0	0
29	Transport - aéroport	0	0
32	Industrie - 3x8h	0	0
33	Industrie - 8h à 18h	0	0
34	Tribunal	0	0
36	Etablissement sportif municipal ou privé	0	0
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	0	1
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	0	1

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 U_k

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 :

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

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_l 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}

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

(52)

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

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.

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

Version du 04/08/20

4.2 FA Maison individuelle Logement Collectif

4.3 FA Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée

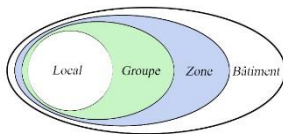
4.3.1 PREAMBULE

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

4.3.2 QUELLES SONT LES CONVENTIONS D'USAGE ?

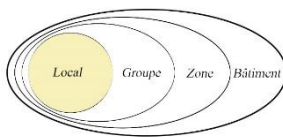
Le choix d'un usage adéquat est primordial pour appliquer la réglementation environnementale 2020 puisque celui-ci permet de définir plusieurs données de scénarios conventionnelles.

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



- Plage d'occupation
- Horaire de chauffage et climatisation
- 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 par défaut 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 :**

- les « constructions provisoires prévues pour une durée d'utilisation de moins de deux ans » ;
- les « bâtiments et parties de bâtiment dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C » ;
- les « bâtiments ou parties de bâtiment destinés à rester ouverts sur l'extérieur en fonctionnement habituel » ;
- les « bâtiments ou parties de bâtiment qui, en raison de contraintes spécifiques liées à leur usage, doivent garantir des conditions particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air, et nécessitant de ce fait des règles particulières » ;
- les « bâtiments ou parties de bâtiment chauffés ou refroidis pour un usage dédié à un procédé industriel ».

- les bâtiments ou parties de bâtiment dont l'usage est considéré comme « Hors champ réglementaire (cf. le paragraphe « Hors champ d'application de la RT2012 » p4)

- 3) **Identifier**, de manière globale le ou les usage(s) issue(s) de la liste de la méthode **Th-BCE** (cf. page 3) 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.

REMARQUE : Un local de type « bureau » ne nécessite pas forcément la création d'une zone. Par exemple, Il existe un local « bureau standard » pour l'usage « Industrie 8h à 18h ». Ainsi, un bureau situé dans un bâtiment industriel ne doit pas constituer un groupe à lui seul puisqu'il peut être intégré dans la zone « Industrie 8h à 18h ».

- 6) **Séparer, dans chaque zone, les groupes climatisés de type CE1, les groupes climatisés de type CE2 et les groupes non climatisés (CE1).**

EXEMPLE : Si une école primaire est constituée :

- d'un local non climatisé (CE1) de type « Salle de jeux »,
- d'un local climatisé (CE2) de type « bureau standard »,

Il faut définir deux groupes dans la zone « enseignement primaire », l'un de catégorie CE1 (local type salle de jeux) et l'autre de catégorie CE2 (local bureau).

- 7) (Facultatif) **Redécouper** chaque groupe en un ou plusieurs groupes raccordés à des **équipements** susceptibles d'opérer des **transferts thermiques de chaud ou de froid entre ces groupes**.

REMARQUES :

Le calcul des bilans aérauliques de la RE2020 se fait sur la base de zones : c'est à ce niveau qu'est caractérisée l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Les zones sont considérées comme étanches entre elles.

Les groupes au sein d'une même zone sont en communication aéraulique. La notion de groupe de circulation a été introduite pour mener le calcul aéraulique dans le cas de transferts thermiques aérauliques entre groupes. Les transferts aérauliques des autres groupes se font uniquement vers ce groupe de circulation. Il est donc unique dans une zone et il ne peut pas être commun à plusieurs zones. Sa saisie n'est nécessaire que pour la valorisation de transferts entre groupes.

Tableau synthétique des Ratel par défaut (ratio surface utile du local/surface utile du groupe)

4.4 FA Extension de bâtiment

4.4.1 PREAMBULE

Cette fiche d'application précise les modalités de prise en compte de la RE2020 dans le cas de construction d'une partie nouvelle d'un bâtiment existant, qu'il s'agisse d'une addition, surélévation, superposition d'une construction neuve à un bâtiment existant. Dans le présent document, ces parties nouvelles sont, sauf précision, appelée « extension ».

La réglementation environnementale 2020 (RE2020) s'applique pour tout bâtiment nouveau ou partie nouvelle de bâtiment existant. Par « partie nouvelle de bâtiment existant », il faut comprendre toute surface de bâtiment dont le clos est nouvellement construit.

Une extension soumise à la RE2020 est une « partie nouvelle de bâtiment existant ».

Une partie de bâtiment rénovée qui ne serait pas une partie nouvelle est soumise à la réglementation thermique des bâtiments existants.

Exemples :

- Est considérée comme « partie nouvelle de bâtiment existant » soumise à la réglementation environnementale 2020 :
 - Une partie de bâtiment construite créant de nouveaux locaux et accolée à un bâtiment existant,
 - Un étage ajouté à un bâtiment existant,
 - Un aménagement de combles existants d'une maison conduisant à devoir surélever le faîtiage de la toiture d'au moins 1,8 mètre.
- N'est pas considérée comme « partie nouvelle de bâtiment existant », et est donc soumise à la réglementation thermique des bâtiments existants :
 - 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,
 - L'aménagement d'un espace initialement à l'air libre (loggia, coursive, porche, préau, ...), suite à des travaux conduisant à fermer cet espace.
 - L'aménagement d'un local existant 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).

4.4.2 SURFACE DE L'EXTENSION

La surface prise en compte pour l'application de la RE2020 est la S_{RT}

Si un bâtiment fait l'objet de plusieurs agrandissements figurant sur la même déclaration préalable ou le même permis de construire, la surface de l'extension à considérer pour la réglementation thermique est égale à la somme des surfaces des agrandissements.

Les surfaces brutes de plancher issues d'une isolation thermique par l'extérieur d'un bâtiment d'habitation existant ne sont pas comptées dans le calcul de la S_{RT} .

4.4.3 QUELLES EXIGENCES REGLEMENTAIRES APPLIQUER EN FONCTION DU TYPE D'EXTENSION ?

Dans le cas des extensions, les exigences de la réglementation environnementale 2020 sont proportionnées au type d'extension dont il est question et à son usage (maison individuelle ou autre bâtiment) :

Maisons individuelles :

1. pour une extension de petite taille (inférieure à 50 m²), les exigences à appliquer sont les exigences de moyen de la réglementation thermique des bâtiments existants par élément (indiqué « RT ex par élément » dans le tableau ci-dessous),
2. pour une extension de taille moyenne (comprise strictement entre 50m² et 100m²), les exigences à appliquer sont le respect du Bbio_{max} et le respect des exigences de moyens fixées par les articles 20, 22 et 24 de l'arrêté du 26 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014. Dans le cas d'une surélévation, l'exigence de moyen fixée par l'article 20 (application de la règle du 1/6 de SHAB ou de la règle du 1/3 de la surface de façade, conformément à l'arrêté modificatif du 11 décembre 2014) peut être satisfaite sur l'ensemble de la maison individuelle après travaux.
3. pour les autres types d'extension les exigences à appliquer sont celles de la RT 2012 telles que décrites dans l'arrêté du 26 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014. Dans le cas d'une surélévation, l'exigence de moyen fixée par l'article 20 (application de la règle du 1/6 de SHAB ou de la règle du 1/3 de la surface de façade, conformément à l'arrêté modificatif du 11 décembre 2014) peut être satisfaite sur l'ensemble de la maison individuelle après travaux.

Autres bâtiments :

1. pour une extension de petite taille (inférieure à 50m² ou inférieure à 150 m² et à 30% de la S_{RT} des locaux existants), les exigences à appliquer sont les exigences de moyen de la réglementation thermique des bâtiments existants par élément (indiqué « RT ex par élément » dans le tableau ci-dessous)
2. pour les autres extensions, les exigences à appliquer sont celles de la RT 2012 telles que décrites, en fonction du type de bâtiment, dans l'arrêté du 26 octobre 2010 ou de l'arrêté du 28 décembre 2012 mentionnés ci-dessus et modifiés par l'arrêté du 11 décembre 2014.

Dans les cas ci-dessus, les exigences sont applicables uniquement à la partie nouvelle.

Le tableau suivant récapitule les différents cas de figure :

Maisons individuelles :

Taille de l'extension	≤ 50 m ²	> 50m ² et < 100 m ²	≥ 100 m ²
	RT ex par élément	Respect du Bbio _{max} Respect des articles 20, 22 et 24 de l'arrêté du 26 octobre 2010	RT 2012

Tableau 7 – modalités d'application pour les extensions à usage de maison individuelle

Autres bâtiments :

Taille de l'extension	$\leq 50 \text{ m}^2$	$\leq 150 \text{ m}^2$	$> 150 \text{ m}^2$
$\leq 30\%$ de la S_{RT} des locaux existants	RT ex par élément	RT ex par élément	RT 2012
$> 30\%$ de la S_{RT} des locaux existants	RT ex par élément	RT 2012	RT 2012

Tableau 8 – modalités d'application pour les extensions à usage autre que maison individuelle

La surface des locaux existants comprend la partie existante avant travaux ainsi que la partie éventuellement aménagée simultanément aux travaux conduisant à l'extension du bâtiment existant.

Les exigences de la RT ex par élément sont décrites dans l'arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017 (entré en vigueur le 1^{er} janvier 2018) relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants :

http://www.rt-batiment.fr/fileadmin/documents/RT2005/pdf/arrete_3_mai_2007_R131-28.pdf

Les modalités d'application et exigences de la RT 2012 sont décrites, selon le type de bâtiment, dans l'arrêté du 26 octobre 2010 ou de l'arrêté du 28 décembre 2012 modifiés par l'arrêté du 11 décembre 2014 et par l'arrêté du 19 décembre 2014. Pour les extensions de bâtiments existants soumis à l'ensemble des exigences de la RT 2012 selon le tableau ci-dessus, certaines précisions sont apportées ci-après.

4.4.4 USAGE DE L'EXTENSION A CONSIDERER

L'usage d'une extension est défini par les locaux spécifiques qui la composent. Cependant si l'extension ne comporte pas des locaux spécifiques, l'usage de l'extension doit être la même que celui du bâtiment existant. Par exemple, la création de locaux de bureaux (sans salle de classe) dans un bâtiment d'enseignement existant, conduit à classer l'usage de l'extension en enseignement avec un local bureau au sens des règles **Th-BCE 2020**. Le niveau de performance requis (Bbiomax, Cepmax) pour l'extension est alors déterminé en fonction de l'usage de la zone (ou des zones) à laquelle est rattachée l'extension.

De plus, une zone d'une extension ne peut pas contenir de locaux existants.

Point particulier concernant les locaux de petite taille dans le cas d'une extension :

L'arrêté du 11 décembre 2014 introduit dans l'arrêté du 26 octobre 2012 un article 57 qui concerne les locaux de petite taille. Dans le cas d'une extension, il s'applique uniquement sur les surfaces neuves, et pas sur la partie existante.

Exemple : cas d'un bâtiment de bureaux existant :

- 1^{er} cas : l'extension est composée d'un logement (60 m²) et d'un bureau (200 m²). La surface totale (260 m²) est supérieure à 150m² et à 30% de la surface existante. L'extension est donc soumise à la RT2012 dans son intégralité. **Le logement a une surface inférieure à 150m² mais supérieure à 10% de la surface de la partie nouvelle de bureaux. Elle ne peut pas prendre l'usage « bureaux » mais doit conserver l'usage « Logement collectif »** - cf. fiche d'application « [Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée](#) ».

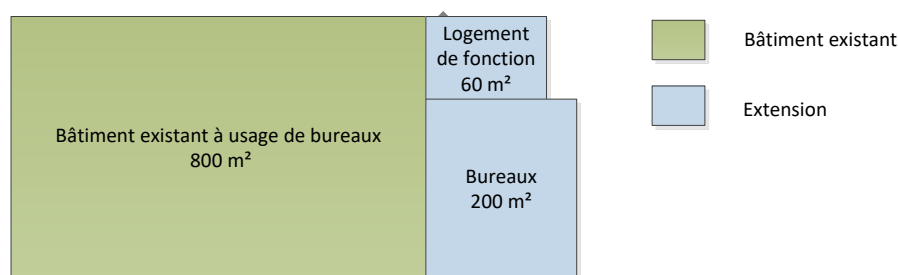


Figure 11 – Schéma exemple pour le 1^{er} cas

- 2^{ème} cas : l'extension est composée d'un logement et de bureaux. La surface du logement est inférieure à 150m² et à 10% de la **surface nouvelle de bureaux**. Le logement peut prendre l'usage « bureaux ».

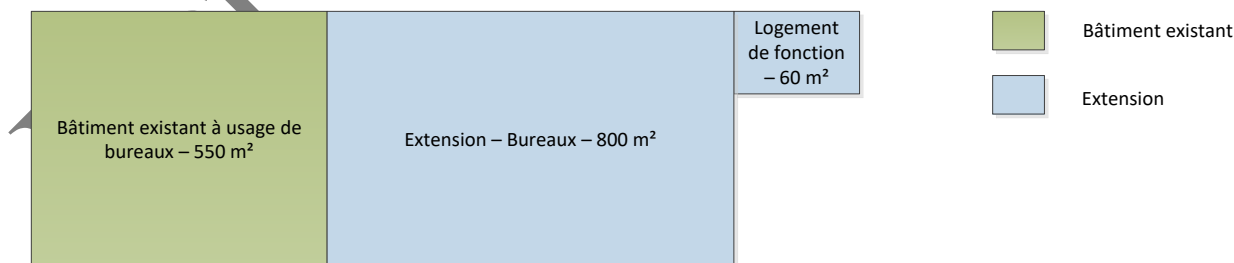


Figure 12 – Schéma exemple pour le 2^{ème} cas

4.4.5 EXIGENCES DE MOYEN A APPLIQUER SELON LE TYPE D'EXTENSION SOUMISE A LA RE 2020

Perméabilité à l'air du bâtiment d'habitation

L'article 17 de l'arrêté du 26 octobre 2010 indique :

« Pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, la perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa, $Q_{4Pa-surf}$, est inférieure ou égale à :

- $0,60 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$ de parois déperditives, hors plancher bas, en maison individuelle ou accolée.
- $1,00 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$ de parois déperditives, hors plancher bas, en bâtiment collectif d'habitation. »

Pour les extensions concernées, l'exigence de perméabilité à l'air du bâtiment s'applique lorsque :

- la partie nouvelle du bâtiment communique avec la partie existante par une ouverture verticale de dimensions et de formes permettant l'installation d'un appareil de mesure de la perméabilité type « porte soufflante » ;
- dans le cas où d'autres ouvertures permettent de communiquer entre la partie neuve et la partie existante, celles-ci sont équipées de battants couvrant au moins 95% de la surface de chaque ouverture ; elles doivent alors être conditionnées pour ne pas contribuer à la perméabilité à l'air du bâtiment de l'extension.

Dans tous les cas où une mesure est réalisée, la partie existante doit être mise à la pression extérieure pour réaliser la mesure.

Pont thermique

L'article 19 de l'arrêté du 26 octobre 2010 indique :

« Le ratio de transmission thermique linéique moyen global, Ratio ψ , des ponts thermiques du bâtiment n'excède pas $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ S}_{RT}.\text{K})$.

Ce ratio est la somme des coefficients de transmission thermique linéiques multipliés par leurs longueurs respectives, pour l'intégralité des ponts thermiques linéaires du bâtiment, dus à la liaison d'au moins deux parois, dont l'une au moins est en contact avec l'extérieur ou un local non chauffé.

Sur justification écrite du maître d'ouvrage, ce ratio maximal peut être porté à $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ S}_{RT}.\text{K})$ dans le cas où l'application de l'article R. 112-1 ou des articles R. 121-1 à R. 123-55 du code de la construction et de l'habitation conduirait à l'absence de technique disponible permettant de traiter les ponts thermiques des planchers bas et/ou intermédiaires.

De plus, le coefficient de transmission thermique linéique moyen des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé, ψ_9 , n'excède pas $0,6 \text{ W}/(\text{m}.\text{K})$. »

Pour les extensions concernées portant sur des surélévations de bâtiments existants, l'exigence relative aux ponts thermiques ne s'applique pas.

Mesure ou estimation des consommations

L'article 23 de l'arrêté du 26 octobre 2010, modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014 indique :

« Les maisons individuelles ou accolées ainsi que les bâtiments ou parties de bâtiments collectifs d'habitation sont équipés de systèmes permettant de mesurer ou d'estimer la consommation d'énergie de chaque logement, excepté pour les consommations des systèmes individuels au bois en maison individuelle ou accolée.

En cas de production collective d'énergie, on entend par énergie consommée par le logement la part de la consommation totale d'énergie dédiée à ce logement selon une clé de répartition à définir par le maître d'ouvrage lors de la réalisation du bâtiment.

Ces systèmes permettent d'informer les occupants, à minima mensuellement, de leur consommation d'énergie.

Cette information est délivrée dans le volume habitable, par type d'énergie, à minima selon la répartition suivante :

- chauffage ;
- refroidissement ;
- production d'eau chaude sanitaire ;
- réseau prises électriques ;
- autres.

Toutefois, dans le cas d'un maître d'ouvrage qui est également le futur propriétaire bailleur du bâtiment construit, notamment les maîtres d'ouvrage de logements locatifs sociaux, cette information peut être délivrée aux occupants, a minima mensuellement, par voie électronique ou postale et non pas directement dans le volume habitable.

Cette répartition peut être basée soit sur des données mesurées, soit sur des données estimées à partir d'un paramétrage préalablement défini. »

Pour les extensions concernées, l'exigence relative à la mesure ou à l'estimation des consommations ne s'applique pas.

Mesure ou calcul des consommations

L'article 31 de l'arrêté du 26 octobre 2010 et l'article 19 de l'arrêté du 28 décembre 2012 indiquent :

« Les bâtiments ou parties de bâtiment à usage autre que d'habitation sont équipés de systèmes permettant de mesurer ou de calculer la consommation d'énergie :

- pour le chauffage : par tranche de 500 m² de SU concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct ;
- pour le refroidissement : par tranche de 500 m² de SU concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct ;
- pour la production d'eau chaude sanitaire ;
- pour l'éclairage : par tranche de 500 m² de SU concernée ou par tableau électrique, ou par étage ;
- pour le réseau des prises de courant : par tranche de 500 m² SU concernée ou par tableau électrique, ou par étage ;
- pour les centrales de ventilation : par centrale ;
- par départ direct de plus de 80 ampères. »

Pour les extensions concernées, l'exigence relative à la mesure ou au calcul des consommations ne s'applique pas.

4.4.6 PARAMETRES A PRENDRE EN COMPTE POUR LA REALISATION DU CALCUL REGLEMENTAIRE

Dans le cas d'extension pour lesquelles le calcul réglementaire est requis (voir paragraphe « Quelles exigences réglementaires appliquer en fonction du type d'extension ? » de la présente fiche), les éléments permettant de calculer les coefficients **Bbio, Cep et Tic** doivent être détaillés. On présente ici les hypothèses à considérer.

Perméabilité à l'air du bâtiment

- En bâtiment à usage d'habitation :
 - Si la perméabilité à l'air doit être mesurée (cf. plus haut), la valeur à retenir est a minima celle de l'exigence réglementaire ; une valeur meilleure peut être prise en compte si elle est justifiée par le résultat du test d'étanchéité à l'air du bâtiment selon les dispositions prévues à l'article 8 de l'arrêté du 26 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014.
 - Cas particulier des extensions de bâtiments à usage de maisons individuelles dont la taille est comprise entre 50 et 100m² : bien que la mesure de la perméabilité à l'air du bâtiment ne soit pas imposée pour ce type d'extension (cf. plus haut), si la perméabilité à l'air a été mesurée, on peut utiliser cette valeur dans le calcul réglementaire du Bbio.
 - Dans les autres cas, la valeur à prendre en compte dans le calcul est conventionnellement égale à :
 - En maison : 0,6 m³/(h.m² de surface déperditive)
 - En logement collectif : 1,0 m³/(h.m² de surface déperditive)
- En bâtiment d'habitation non soumis à exigence sur l'étanchéité à l'air du bâtiment, et en bâtiment secondaire et tertiaire, la valeur à retenir est la valeur par défaut de la RT 2012 ; une valeur meilleure peut être prise en compte si elle peut être justifiée par le résultat du test d'étanchéité à l'air du bâtiment selon les dispositions prévues, selon le type de bâtiment, à l'article 8 de l'arrêté du 26 octobre 2010 ou à l'article 8 de l'arrêté du 28 décembre 2012 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014.

Paramètres caractérisant la performance des éléments de bâti

Les valeurs à prendre en compte doivent être conformes aux règles Th-Bat.

Paramètres caractérisant la performance des équipements

Pour réaliser le calcul de Cep, tous les équipements permettant de répondre aux besoins de chauffage, de refroidissement, de production d'eau chaude sanitaire, d'éclairage et les auxiliaires doivent être décrits.

La méthodologie de description à suivre est alors la suivante :

La modélisation dans les logiciels d'application de la génération d'un des bâtiments du projet doit donc être réalisée de la manière suivante :

1. La puissance nominale des équipements :

- Elle est déterminée préférentiellement au prorata des besoins du bâtiment modélisé par rapport aux besoins de l'ensemble des bâtiments alimentés par cet équipement. La méthode à utiliser pour déterminer ces besoins est laissée à la libre appréciation de l'opérateur.

- Si la détermination des besoins n'est pas réalisable, la puissance nominale à utiliser peut alors être calculée au prorata de la surface de l'extension par rapport à la surface totale desservie.

2. Les caractéristiques des équipements :

Le tableau ci-dessous permet de déterminer, en fonction de la position de l'équipement dans le bâtiment et de son statut, le mode de description à retenir.

Position de l'équipement utilisé par l'extension	Statut de l'équipement	Description
Partie existante	Inchangé ou rénové avant	Valeur initiale ou valeur par défaut de la RT ex
	Neuf	Valeur du projet ou valeur par défaut
Partie neuve	Neuf	Valeur du projet

Tableau 9 – modalités de description des systèmes énergétiques dans le cas général

Pour les extensions de **bâtiments tertiaires** non équipées de points de puisage, et pour lesquelles il n'est pas prévu d'installer une nouvelle génération assurant les besoins d'eau chaude sanitaire, l'applicateur a le choix entre :

- Décrire le système existant selon les modalités décrites dans le Tableau 3 ci-dessus
- Utiliser le générateur d'eau chaude sanitaire conventionnel décrit dans la fiche d'application « [Bâtiments non équipés de production d'eau chaude sanitaire](#) » pour les usages de **bâtiments pour lesquels cette fiche s'applique (bureaux, enseignement primaire, enseignement secondaire partie jour et commerces)**

1. Equipement de ventilation

Si l'extension dispose d'un équipement de ventilation mécanique complet (entrées d'air ou bouche d'insufflation, bouche d'extraction et extracteur de VMC), décrire les équipements réels.

Dans les autres cas, le système de ventilation est pris conventionnellement égal à l'équipement suivant : Le système d'extraction est un système compatible avec les entrées d'air mise en œuvre dans l'extension (autoréglable ou hygroréglable), les débits d'extraction sont égaux à la somme des modules d'entrée d'air et la puissance du ventilateur d'extraction à saisir est égale à $0,25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$. Pour les systèmes hygroréglables, la répartition des SMEA entre la partie existante et la partie extension est effectuée en fonction du nombre de bouches de chaque partie.

4.4.7 CAS DE PLUSIEURS EXTENSIONS SUR UN MEME BATIMENT

Si un bâtiment existant fait l'objet de plusieurs extensions, les seuils à prendre en compte pour l'application de la RE2020 sont déterminés à partir de la S_{RT} totale des extensions.

L'application se fait comme suit :

	Bbio – Cep	Tic	Exigences de moyen (Titre III)
Application de la RE2020	Calculs soit sur l'ensemble des extensions (même si elles sont dissociées) soit par partie d'extension	Calculs par partie d'extension	Application des règles en considérant soit chaque partie d'extension soit l'ensemble des extensions

4.4.8 ATTESTATIONS DE PRISE EN COMPTE DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE POUR LES EXTENSIONS

Les attestations de prise en compte de la réglementation thermique doivent être établies au moment du dépôt de la demande de permis de construire d'une part, et à l'achèvement des travaux pour constituer le dossier de la Déclaration Attestant de l'Achèvement et de la Conformité des Travaux (DAACT) d'autre part. Ces attestations ne concernent que les constructions nouvelles soumises à permis de construire ; un projet soumis à déclaration préalable est soumis à la RE 2020 mais n'est pas soumis aux dispositions relatives aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique.

Concernant les projets soumis à la fourniture des attestations, plusieurs types de formulaires sont disponibles et cohérents avec les exigences de la RE 2020 à respecter (cf. paragraphe « Quelles exigences réglementaires appliquer en fonction du type d'extension ? » de la présente fiche d'application), à savoir :

- des attestations à utiliser dans le cas d'un projet soumis à l'ensemble des exigences de la RE 2020,
- des attestations dites « simplifiées » dans le cas des extensions qui ne sont pas soumises à l'ensemble des exigences de la RE 2020,
- des attestations dites « adaptées » à utiliser dans le cas d'une extension soumise aux exigences de la RT ex par élément.

Projet	Attestation à joindre au DEPOT de PC	
	Attestations RE 2020	Attestations RE 2020 « adaptées »
Autre usage		
Permis de construire pour une extension ou surélévation $\leq 50 \text{ m}^2 S_{RT}$	Non	Oui
Permis de construire pour une extension ou surélévation $\leq 150 \text{ m}^2 S_{RT}$ et 30 % d'existant	Non	Oui
Permis de construire pour une extension ou surélévation $> 150 \text{ m}^2 S_{RT}$ et/ou 30 % d'existant	Oui	Non
Déclaration préalable	Non	Non
Maison individuelle		
Permis de construire pour une extension ou surélévation $\leq 50 \text{ m}^2 S_{RT}$	Non	Oui
Permis de construire pour une extension ou surélévation comprise strictement entre 50 m^2 et $100 \text{ m}^2 S_{RT}$	Oui	Non
Permis de construire pour une extension ou surélévation supérieure ou égale à $100 \text{ m}^2 S_{RT}$	Oui	Non
Déclaration préalable	Non	Non

Projet	Attestation à joindre à l'achèvement des travaux		
	Attestations RE 2020	Attestations RE 2020 « simplifiées »	Attestations RE 2020 « adaptées »
Autre usage			

Permis de construire pour une extension ou surélévation $\leq 50 \text{ m}^2 S_{RT}$	Non	Non	Oui
Permis de construire pour une extension ou surélévation $\leq 150 \text{ m}^2 S_{RT}$ et 30 % d'existant	Non	Non	Oui
Permis de construire pour une extension ou surélévation $> 150 \text{ m}^2 S_{RT}$ et/ou 30 % d'existant	Oui	Non	Non
Déclaration préalable	Non	Non	Non
Maison individuelle			
Permis de construire pour une extension ou surélévation $\leq 50 \text{ m}^2 S_{RT}$	Non	Non	Oui
Permis de construire pour une extension ou surélévation comprise strictement entre 50 m^2 et $100 \text{ m}^2 S_{RT}$	Non	Oui	Non
Permis de construire pour une extension ou surélévation supérieure ou égale à $100 \text{ m}^2 S_{RT}$	Oui	Non	Non
Déclaration préalable	Non	Non	Non

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.

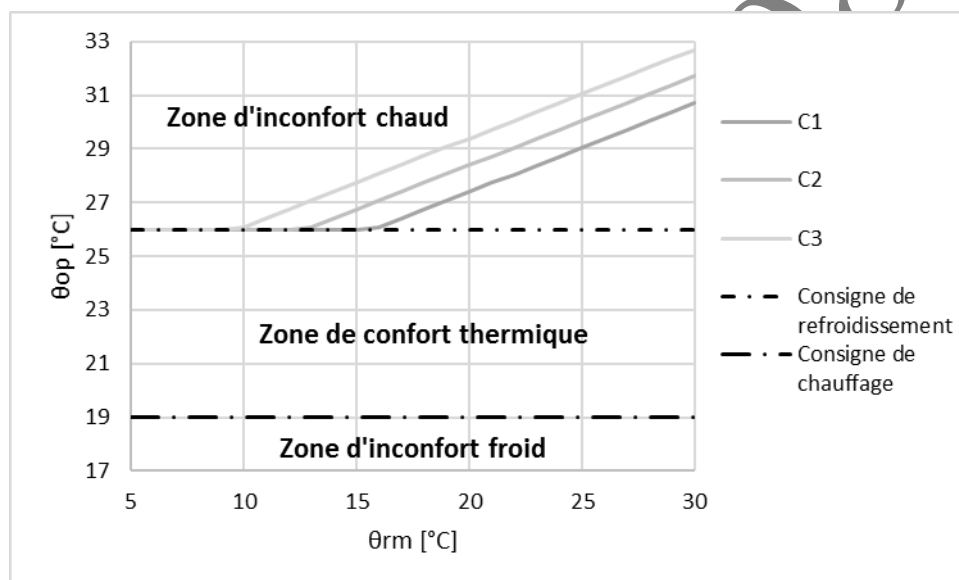


Figure 13: Confort et inconfort thermique de l'occupant

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 10** 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	IHJ	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 : 1 : en occupation 0 : en inoccupation	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} . 1 : occupation, inconfort froid, 0 : occupation, pas d'inconfort froid, -1 : inoccupation.	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 10 : 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.

Si $i_{occ_zone}(h) = 1$,

Si $\theta_{op,moy(0;0)}(h) < \theta_{iich}(h)$ (en occupation et en inconfort froid), alors,
 $i_{inconf,ch}(h) = 1$

Sinon, (en occupation mais sans inconfort froid)

$i_{inconf,ch}(h) = 0$

(56)

Sinon, (en inoccupation)

$i_{inconf,ch}(h) = -1$

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 $\theta_{m}(j)$, 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 15251. 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.

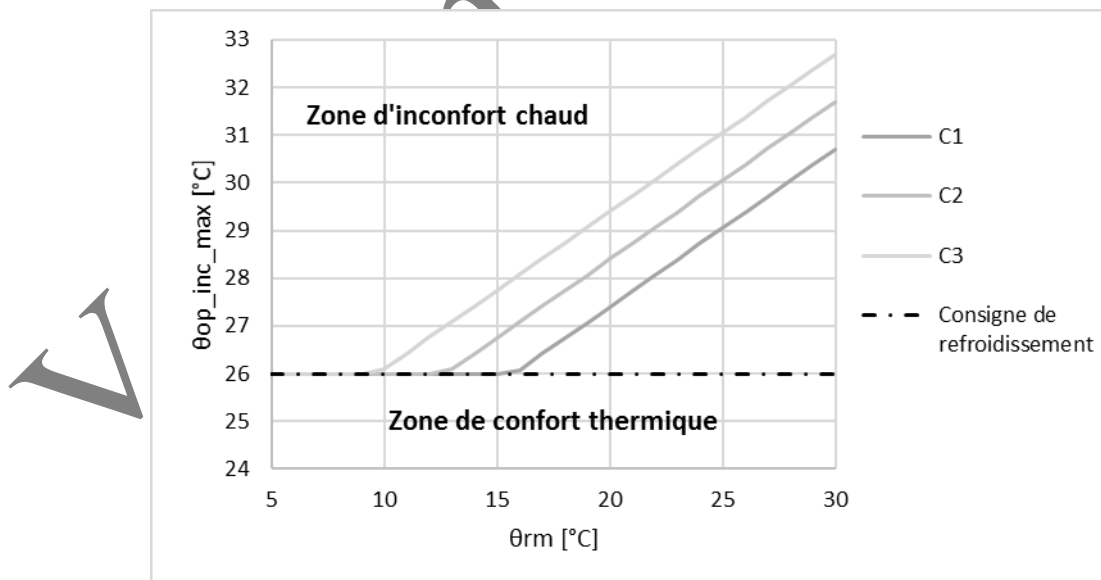


Figure 14: Limite haute de la zone de confort thermique en fonction des catégories d'ambiance

4.5.3.2.2 Test par rapport aux critères d'inconfort chaud

Si $i_{occ_zone}(h) = 1$, alors, (en occupation)

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

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

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{op_inc_max_C1}(h), \\ i_{inconf_C1,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf_C1,fr}(h) = 0$$

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{op_inc_max_C2}(h), \\ i_{inconf_C2,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf_C2,fr}(h) = 0$$

$$\text{Si } \theta_{op,moy(0;0)}(h) > \theta_{op_inc_max_C3}(h), \\ i_{inconf_C3,fr}(h) = 1$$

$$\text{Sinon,} \\ i_{inconf_C3,fr}(h) = 0$$

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.

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

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{op_inc_cons,fr}(h) &= i_{inconf_cons,fr} \times \frac{i_{inconf_cons,fr} + 1}{2} \times |\theta_{iifr}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \\ \Delta\theta_{op_inc_C1,fr}(h) &= i_{inconf_C1,fr} \times \frac{i_{inconf_C1,fr} + 1}{2} \times |\theta_{op_inc_max_C1}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \\ \Delta\theta_{op_inc_C2,fr}(h) &= i_{inconf_C2,fr} \times \frac{i_{inconf_C2,fr} + 1}{2} \times |\theta_{op_inc_max_C2}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \\ \Delta\theta_{op_inc_C3,fr}(h) &= i_{inconf_C3,fr} \times \frac{i_{inconf_C3,fr} + 1}{2} \times |\theta_{op_inc_max_C3}(h) - \theta_{op,moy(0;0)}(h)| \end{aligned} \quad (61)$$

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 ,

- si $i_{inconf_cons,ch}(h) = 1$
$$Nb_{h_{inc_cons,ch}} = Nb_{h_{inc_cons,ch}} + 1$$
- sinon ($i_{inconf_cons,ch}(h) = 0$ ou -1)
$$Nb_{h_{inc_cons,ch}} = Nb_{h_{inc_cons,ch}}$$

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 ,

- si $i_{inconf_cons,fr}(h) = 1$
$$Nb_{h_{inc_cons,fr}} = Nb_{h_{inc_cons,fr}} + 1$$
- sinon ($i_{inconf_cons,fr}(h) = 0$ ou -1)
$$Nb_{h_{inc_cons,fr}} = Nb_{h_{inc_cons,fr}}$$

A chaque pas de temps h ,

- si $i_{inconf_C1,fr}(h) = 1$
$$Nb_{h_{inc_C1,fr}} = Nb_{h_{inc_C1,fr}} + 1$$
- sinon ($i_{inconf_C1,fr}(h) = 0$ ou -1)
$$Nb_{h_{inc_C1,fr}} = Nb_{h_{inc_C1,fr}}$$

A chaque pas de temps h ,

- si $i_{inconf_C2,fr}(h) = 1$
$$Nb_{h_{inc_C2,fr}} = Nb_{h_{inc_C2,fr}} + 1$$
- sinon ($i_{inconf_C2,fr}(h) = 0$ ou -1)
$$Nb_{h_{inc_C2,fr}} = Nb_{h_{inc_C2,fr}}$$

A chaque pas de temps h ,

- si $i_{inconf_C3,fr}(h) = 1$
$$Nb_{h_{inc_C3,fr}} = Nb_{h_{inc_C3,fr}} + 1$$
- sinon ($i_{inconf_C3,fr}(h) = 0$ ou -1)
$$Nb_{h_{inc_C3,fr}} = Nb_{h_{inc_C3,fr}}$$

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 RE 2020 :

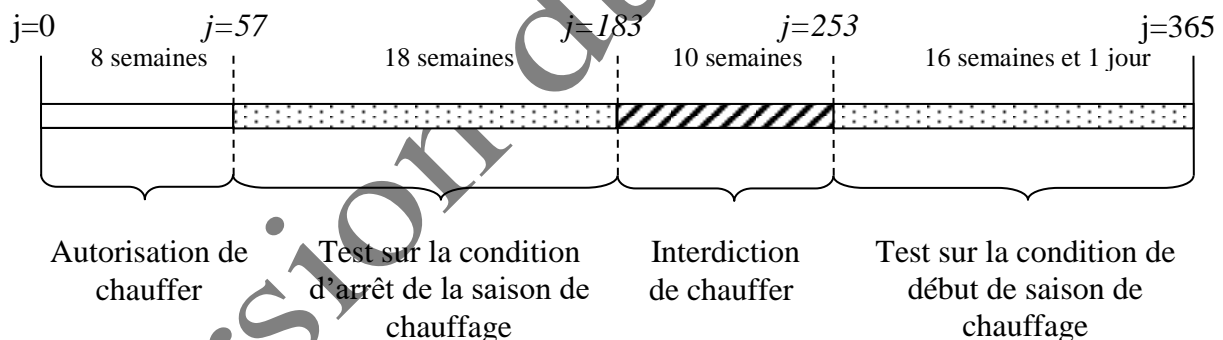
- **Saison propre** : elle conditionne les algorithmes de gestion et de régulation des différents composants du groupe.
- **Saison effective** : elle conditionne le fonctionnement des émetteurs, réseaux de distribution et générateurs de chauffage et/ou refroidissement du groupe. En dehors de la saison 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.

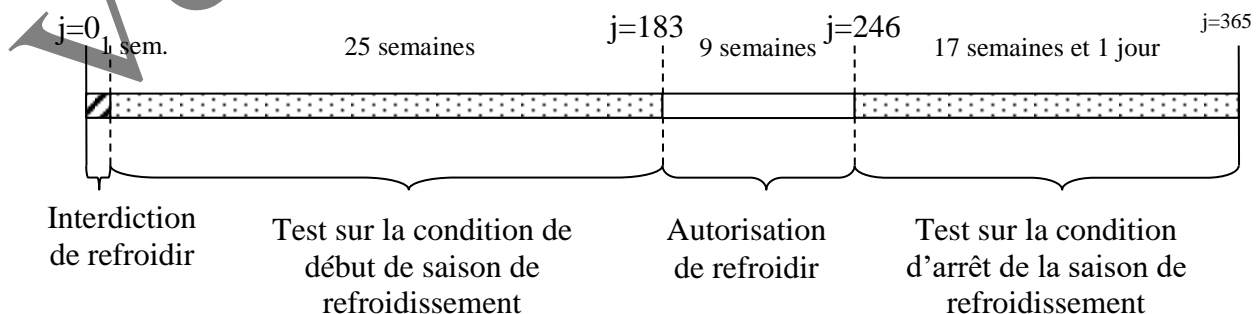
La saison effective est une combinaison des saisons propres des différents groupes connectés à une même génération au travers de leurs réseaux de distribution. Elle peut être commune à plusieurs groupes ou non, selon les isolations hydrauliques possibles au niveau de la génération.

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 11 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
	h_{leg}	Heure légale au pas de temps h	h
Th-D	$Is_{conf_adapt}(h)$	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

	Nom	Description	Uni.
Gestion/régulation des ouvertures et protections mobiles	$Saison(j)$	La saison propre du groupe au jour j , sous forme d'entier : 1: saison de refroidissement, 2: mi-saison, 3: saison de chauffage, 4 : saison mixte de chauffage et refroidissement.	Ent.
	$Aut_{ch,pro}(j)$	Indicateur de saison de chauffage. 1 : le groupe est en saison de chauffage.	Ent.
	$Aut_{fr,pro}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement. 1 : le groupe est en saison de refroidissement.	Ent.
	$j_{debut_ch}^{gr}$	Jour de début de la saison de chauffage propre au bâtiment.	j
Bâtiment	$j_{fin_ch}^{gr}$	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 13
$[p_{occ}^s(J,H)]_{J=1 \text{ à } 7 \text{ et } H=1 \text{ à } 24}$	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
$Seuil_Nb_{redemarrage}$	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.
$Nb_{h_occ_ref}$	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
$Nb_{redemarrage}$	Nombre de redémarrage des systèmes de chauffage sur la période entre	Ent.

Repris du
jour j-1

l'hiver et l'été.

$Nb_{j_int\acute{e}gration,ch}$

Nombre de jour d'intégration pour le
calcul des °C.h d'inconfort.

Ent

$Nb_{j_int\acute{e}gration,fr}$

Tableau 11 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

4.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

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 :

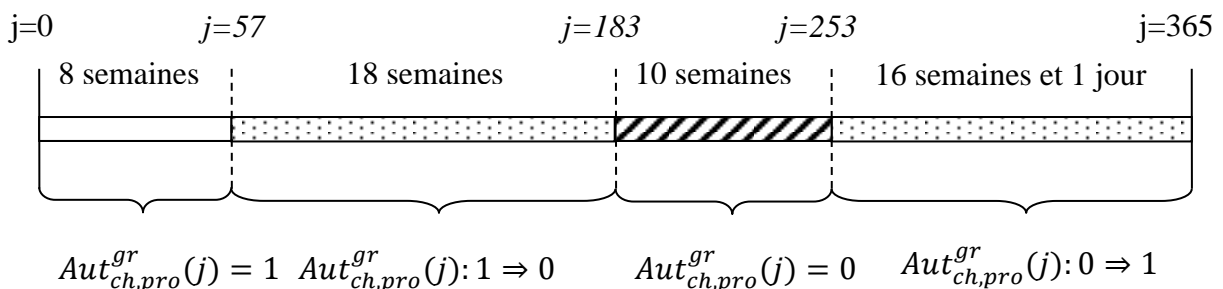
- Pour décréter un démarrage, une somme glissante sur les jours précédant le jour actuel j des degrés-heures en situation d'inconfort thermique froid (voir la fiche « Indicateurs de confort »), en mode Th-D et en période de confort adaptatif, le chauffage n'est jamais autorisé.
- Pour décréter un arrêt,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

$$Nb_{h_total_somme_ch}(j) = 672$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = \frac{1}{Nb_{h_total_somme_ch}(j)} \times \frac{\sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (71)$$

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 :

$$Nb_{h_total_somme_ch}(j) = 672$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = MG_{bch}^{gr}(j-1) + \frac{1}{Nb_{h_total_somme_ch}(j)} \times \frac{\sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys_ch}(h) - \sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} Q_{sys_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (72)$$

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

$$Nb_{h_total_somme_ch}(j) = 168$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = \frac{1}{Nb_{h_total_somme_ch}(j)} \times \frac{\sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (73)$$

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 :

$$Nb_{h_total_somme_ch}(j) = Nb_{h_total_somme_ch}(j-1) + 24$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = \frac{1}{Nb_{h_total_somme_ch}(j)} \times (Nb_{h_total_somme_ch}(j-1) \times MG_{bch}^{gr}(j-1) + \frac{\sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys_ch}(h)}{A^{gr}}) \quad (74)$$

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 :

$$Nb_{h_total_somme_ch}(j) = 672$$

$$MG_{bch}^{gr}(j) = MG_{bch}^{gr}(j-1) + \frac{1}{Nb_{h_total_somme_ch}(j)} \times \frac{\sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys_ch}(h) - \sum_{h_{leg}=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} Q_{sys_ch}(h)}{A^{gr}} \quad (75)$$

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 :

$$Aut_{ch,pro}^{gr}(j) = 1 \quad (76)$$

Si (en mode Th-D :) $Is_{confort_adaptatif}(h) \geq 0$, alors,

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

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:

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

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

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

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:

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

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

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

Version du 04/08/20

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).

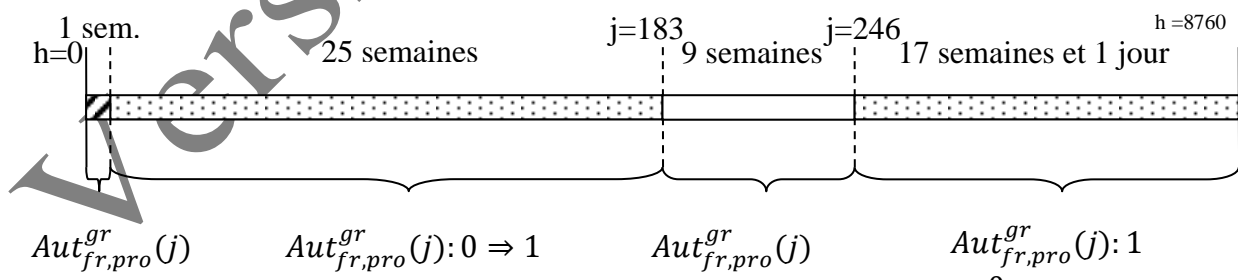
- Pour décréter l'arrêt des systèmes de froid, une moyenne glissante sur une durée de 4 semaines précédant le jour actuel j des besoins bruts en froid du groupe.

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 12: 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 13: 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 :

$$Nb_{h_occ_somme_fr}(j) = \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ_zone}(h) \quad (82)$$

$$MG_{dh,fr}^{gr}(j) = \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op_inc_cons,fr}(h)$$

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 :

$$\begin{aligned} Nb_{h_occ_somme_fr}(j) &= Nb_{h_occ_somme_fr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ_zone}(h) \\ MG_{dh,fr}^{gr}(j) &= MG_{dh,fr}^{gr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op_inc_cons,fr}(h) \end{aligned} \quad (83)$$

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

$$\begin{aligned}
Nb_{h_occ_somme_fr}(j) &= Nb_{h_occ_somme_fr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} i_{occ_zone}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} i_{occ_zone}(h) \\
MG_{dh_fr}^{gr}(j) &= MG_{dh_fr}^{gr}(j-1) + \sum_{hleg=9h(jour\ j-1)}^{9h(jour\ j)} \Delta\theta_{op_inc_cons_fr}(h) - \sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j-27)} \Delta\theta_{op_inc_cons_fr}(h)
\end{aligned} \quad (84)$$

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 :

$$\begin{aligned}
Nb_{h_total_somme_fr}(j) &= 672 \\
MG_{bfr}^{gr}(j) &= \frac{1}{Nb_{h_total_somme_fr}(j)} \frac{\sum_{hleg=9h(jour\ j-28)}^{9h(jour\ j)} Q_{sys_fr}(h)}{A^{gr}}
\end{aligned} \quad (85)$$

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

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

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 :

$$A_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \quad (87)$$

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

$$\begin{aligned}
& \text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 0, \\
& \quad \text{Si } MG_{dh,fr}^{gr}(j) \geq \text{Seuil}_{debut_fr} \times \text{MAX}\left(0.5; \frac{Nb_{h_occ_somme_fr}(j)}{4 \times Nb_{h_occ_ref}}\right) \\
& \quad \text{ou (en mode Th-D :) } Is_{confort_adaptatif}(h) \geq 0, \text{ alors,} \\
& \quad \quad Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1
\end{aligned} \tag{88}$$

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

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 :

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

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 14: 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,
 $j_{fin_ch}^{gr} = j$

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,
 $j_{fin_fr}^{gr} = j$

(92)

Version du 04/08/20

4.7 C EIN calcul des consommations électriques 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 15 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	conv
C_EIN_Scénarios conventionnels	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/m ²	≥0		
	$t_{ch}^a(m,s)$	Ratio d'apports internes de chaleur lié à la consommation des équipements mobiliers du local par mois/semaine	Réel	0	1	
	$t_{ch}^s(j,h)$	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	m ²	≥0		
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$C_{ef_us_mob}^z(h)$	Consommation électrique des usages mobiliers de la zone au pas de temps horaire	Wh			
	$C_{ef_us_mob_annue}^z$	Consommation électrique annuelle des usages mobiliers de la zone en énergie finale par m ² de S _{REF}	kWh/m ² . S _{REF}			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$C_{ef_us_mob}^{loc}(h)$	Consommation électrique des usages mobiliers du local au pas de temps horaire	Wh			

Tableau 15 : 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 :

$$C_{ef_us_mob_annuel}^z = \sum_{h=1}^{8760} C_{ef_us_mob}^z(h) \quad (95)$$

Version du 04/08/20

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 aux systèmes 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 coefficient Bbio et C.

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 16 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 16 : Nomenclature des différentes variables du modèle de bâtiment

Version du 04/08/20

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.

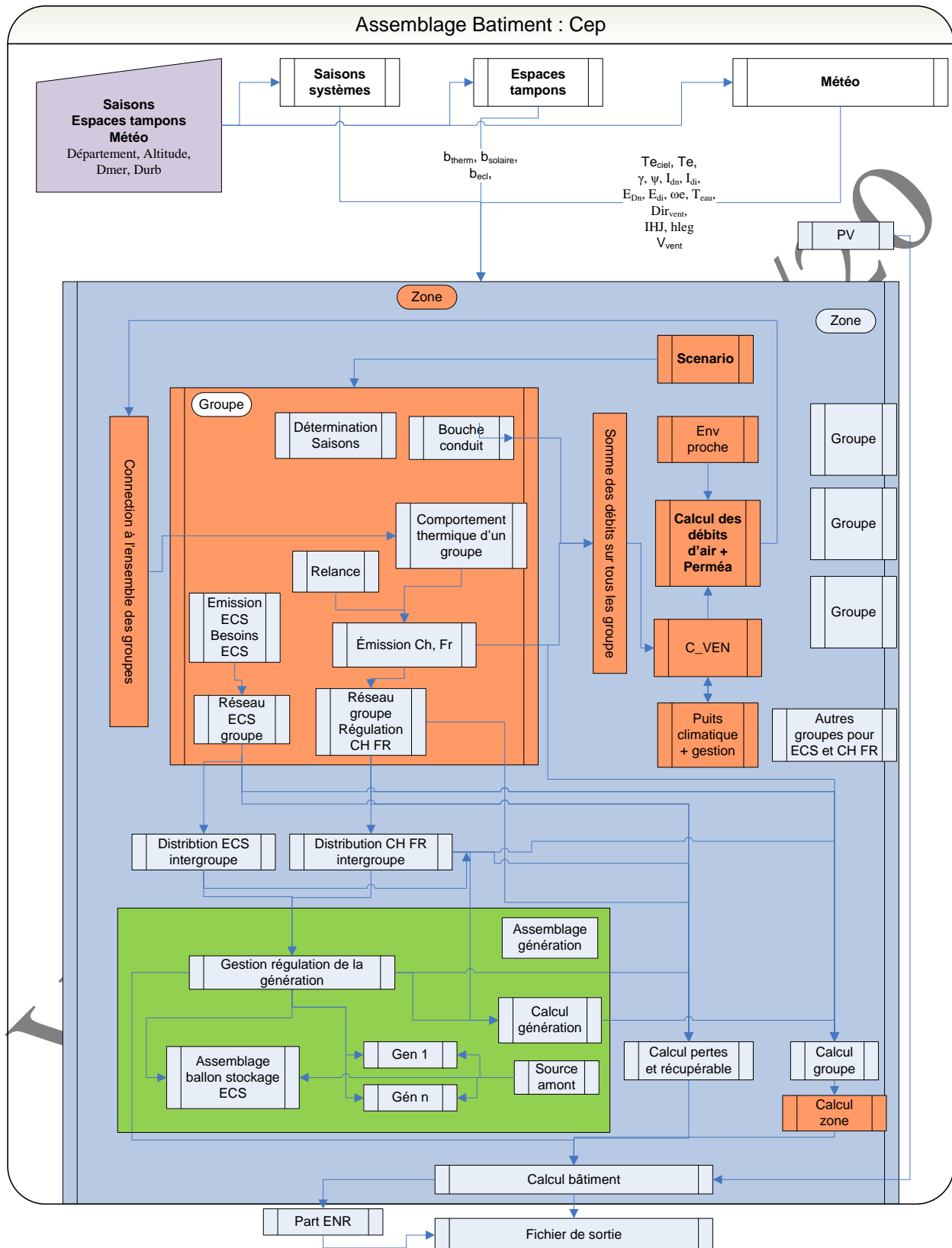


Figure 15 : Assemblage des composants d'un bâtiment

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.

'Part-ENR' :

La contribution ENR des générateurs et de la production locale d'énergie électrique utilisant les ENR est déterminée. L'apport dû aux ENR est exprimé en énergie primaire.

'Calculs bâtiment'

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

Version du 04/08/20

5.2 S1-Bat-Assemblage des espaces tampons

5.2.1 NOMENCLATURE

Le Tableau 17 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	$h_{lég}(h)$	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			
	$\gamma, \psi, I_{dr}, I_{di}$	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			
	$i_{occ}^{gr}(h)_{gr\text{-}c\text{-}et}$	Indices d'occupation des différents groupes gr en contact avec l'espace tampon au pas de temps h .	Ent			
	$i_{occ}^{gr}(h-1)_{gr\text{-}c\text{-}et}$	Indices d'occupation des différents groupes gr en contact avec l'espace tampon au pas de temps $h-1$.	Ent			
	$\theta_i^{gr}(h-1)_{gr\text{-}c\text{-}et}$	Températures de l'air intérieur, au temps $h-1$, des différents groupes connectés à l'espace tampon.	°C			
	$Saison^{gr}(j)_{gr\text{-}c\text{-}et}$	Saison propre au groupe au jour j .	Ent.			
Baies	$Hg_{es_set}(h-1)^b$	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 17 : Nomenclature du modèle

5.2.2 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

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

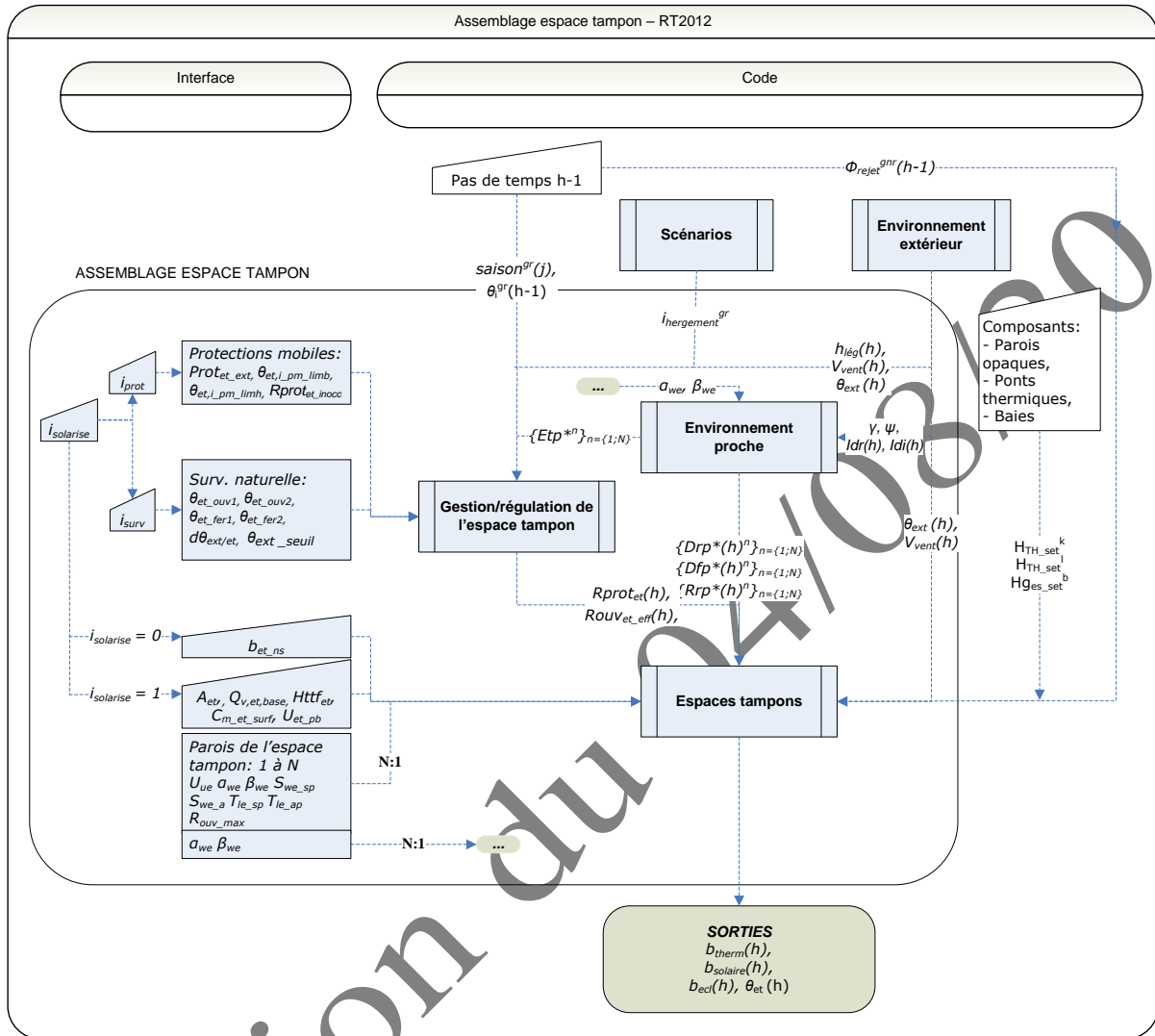


Figure 16: Assemblage des composants espaces tampons

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.

Version du 04/08/20

5.3.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 18** 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	$Aut_{\text{ch,pro}}^{gr}(j)_{gr\text{-}c\text{-}et}$	Autorisation de chauffer propre au groupe. La valeur 0 correspond à l'interdiction de chauffer.	Ent.
	$Aut_{\text{fr,pro}}^{gr}(j)_{gr\text{-}c\text{-}et}$	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
Grou pes	$\theta_{\text{op,fin}}^{gr}(h-1)$	Température opérative intérieure des groupes gr reliés à l'espace tampon.	°C
ce tamp	$\theta_{\text{et}}(h-1)$	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	$R_{\text{prot}_{\text{et}}}(h)$	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 21
$d\theta_{ext/et_ouv}$	Ecart de température avec l'extérieur maximal de surventilation naturelle.	°C	0	$+\infty$	Voir Tableau 20
$\theta_{ext_seuil_ouv}$	Température extérieure minimale de surventilation naturelle.	°C	0	$+\infty$	Voir Tableau 20
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
$Rprot_{et}(h-1)$	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 18 : 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

$$\sum_{gr \in et} Aut_{ch,pro}^{gr}(j) > 0 \text{ et } \sum_{gr \in et} Aut_{fr,pro}^{gr}(j) > 0$$
$$Saison_{et}(j) = 4, \text{ (saison mixte)}$$

Sinon Si

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

, alors $Saison_{et}(j) = 1$, (saison de chauffage) (96)

Sinon, si

$$\sum_{gr \in et} Aut_{fr,pro}^{gr}(j) > 0$$
$$Saison_{et}(j) = 3, \text{ (saison de refroidissement)}$$

Sinon,

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

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 :

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

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.

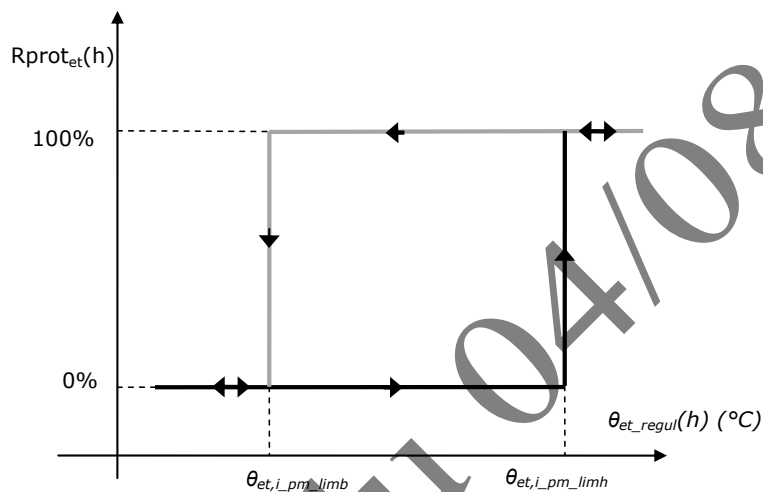


Figure 17: diagramme du ratio de protections mobiles en fonction de la température au sein de l'espace tampon

	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 19: 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 :

Si $\sum_{n=1}^N Etp^{*n} > 0$, alors, (période où l'espace tampon reçoit de l'éclairement)

Si $Prot_{et_ext} = 0$ ou $Vent_c(h) \leq Vent_{c_lim}$, alors, (protections intérieures ou vitesse de vent inférieure à la limite de blocage des protections)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \theta_{et_regul}(h) \leq \theta_{et,i_pm_limb}, \text{ alors,} \\ \quad Rprot_{et}(h) = 0 \\ \\ \text{Sinon, si } \theta_{et_regul}(h) \geq \theta_{et,i_pm_limb}, \\ \quad Rprot_{et}(h) = 1 \\ \\ \text{Sinon,} \\ \quad Rprot_{et}(h) = Rprot_{et}(h-1) \end{array} \right. \quad (100)$$

Sinon, (protections extérieures et vitesse de vent supérieure à la limite de blocage des protections)

$$\left\{ \begin{array}{l} Rprot_{et}(h) = 0 \end{array} \right.$$

Sinon, (période où l'espace tampon ne reçoit pas d'éclairement)

$$Rprot_{et}(h) = 0$$

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 :

Si $\theta_{ext_seuil_ouv} \leq \theta_{ext}(h)$ et $\theta_{ext}(h) \leq \theta_{et_regul}(h) - d\theta_{ext/et_ouv}$, alors,

$$Aut_{ouv_et}(h) = 1$$

Sinon,

$$Aut_{ouv_et}(h) = 0$$

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

Tableau 20).

		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 20: 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 :

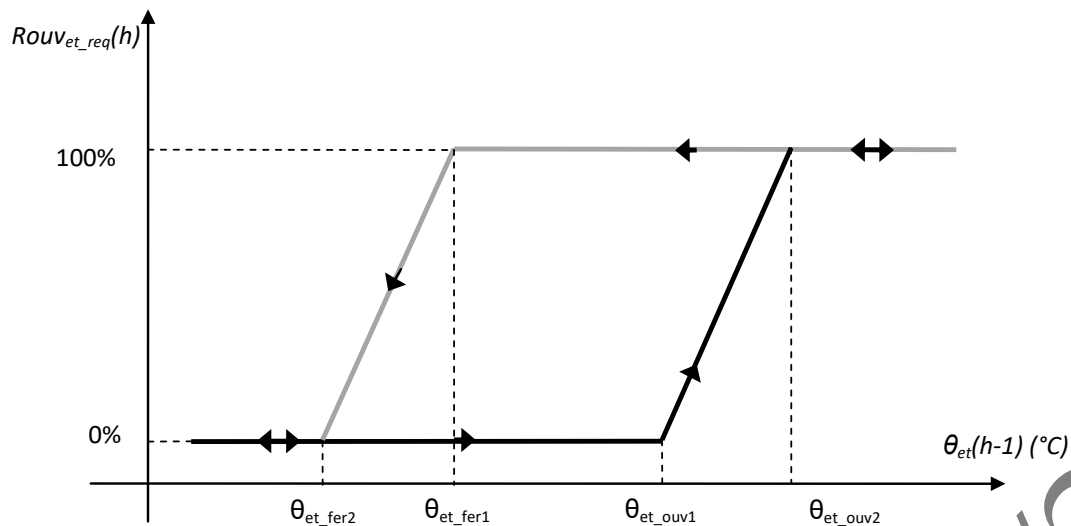


Figure 18: Diagramme des valeurs de $Rouv_{et_req}$ en fonction de la température de l'espace tampon

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 21: 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 $i_{hergement_et} = 1$ et $(h_{leg}(h) > 22$ ou $h_{leg}(h) < 7)$, alors,

$$i_{per_sommeil}(h) = 1$$

(103)

Sinon,

$$i_{per_sommeil}(h) = 0$$

5.3.3.4.4 *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.

Version du 04/08/20

5.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 22 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	$\theta_{i,fin}^{gr}(h-1)_{gr \subset et}$	Températures de l'air intérieur, au temps $h-1$, des différents groupes connectés à l'espace tampon. Valeur initiale=19°C	°C
Baies	$Hg_{es_set}^b$	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= OW	W
Gestion/régulation	$Rprot_{et}(h)$	Position (exprimée en ratio surfacique) des protections mobiles sur l'ensemble des parois vitrées protégées de l'espace tampon.	Réel
	$Rouv_{et_eff}(h)$	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.	m ²	0	$+\infty$	-
	A_{et}	Surface au sol de l'espace tampon.	m ²	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.	m ³ /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 : 0 : espace tampon non-solarisé, 1 : espace tampon solarisé.	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/(m ² .K)	0	$+\infty$	20 0
	U_{et_pb}	Coefficient de déperdition thermique équivalent par le plancher bas de l'espace tampon.	W/(K.m ²)	0	$+\infty$	-

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

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
$\theta_{i_eq}(h)$	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
$\{I_{sr}^*(h)\}_{n=\{1;N\}}$	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 22 : Nomenclature du modèle

5.4.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

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

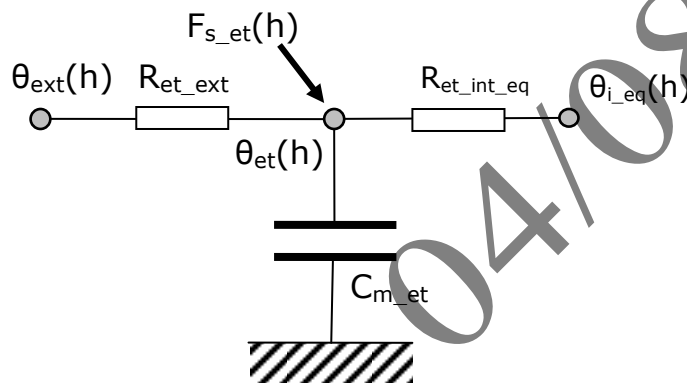
Les espaces tampons solarisés font l'objet d'une modélisation dynamique simplifiée prenant en compte les échanges thermiques par les parois extérieures et intérieures, les débits d'air entrants et les apports solaires par les parois de l'espace tampon.

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 :

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

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.

$$\{S_{we}^n\}_{n=\{1;N\}} = Rprot_{et}(h) \cdot \{S_{we_ap}^n\}_{n=\{1;N\}} + (1 - Rprot_{et}(h)) \cdot \{S_{we_sp}^n\}_{n=\{1;N\}} \quad (118)$$

$$F_{set}(\square) = \eta_{app_sol_et} \times \sum_{n=1}^N (S_{we}^n \times A_{ue}^n \times Isr^{*n}(\square)) \quad (119)$$

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.

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

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 du 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'éclairement 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.

Version du 04/08/20

5.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 23 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	Ent.
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	$b_{therm,i}(h)$ Coefficient de réduction des déperditions thermiques dû à la présence de l'espace tampon i .	-
o		
u	$b_{solaire,i}(h)$ Coefficient de réduction des flux solaires dû à la présence de l'espace tampon i .	-
t		
c		
o		
m		
p		
o	$b_{ecl,i}(h)$ Coefficient de réduction de l'éclairement dû à la présence de l'espace tampon i (concerne uniquement les baies vitrées).	-
s		
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 23 : 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 19 dans le cas du calcul Bbio,
- la Figure 20 dans le cas du calcul Cep.

Version du 04/08/20

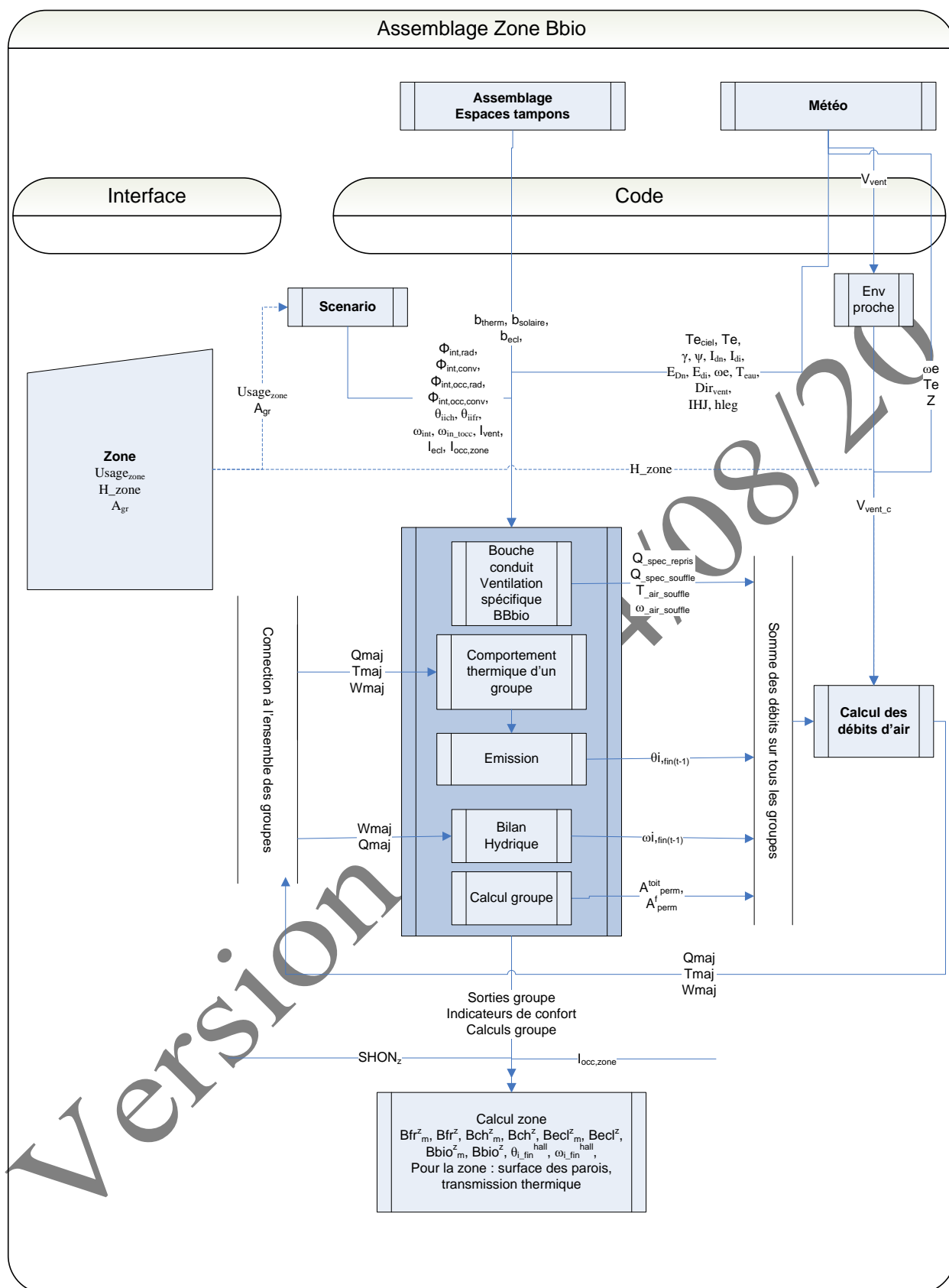


Figure 19 : assemblage des composants d'une zone pour le calcul de Bbio

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 transigent tous les échanges aérauliques entre les groupes composant la zone, voir Figure 21. 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 :

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

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 2020 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.

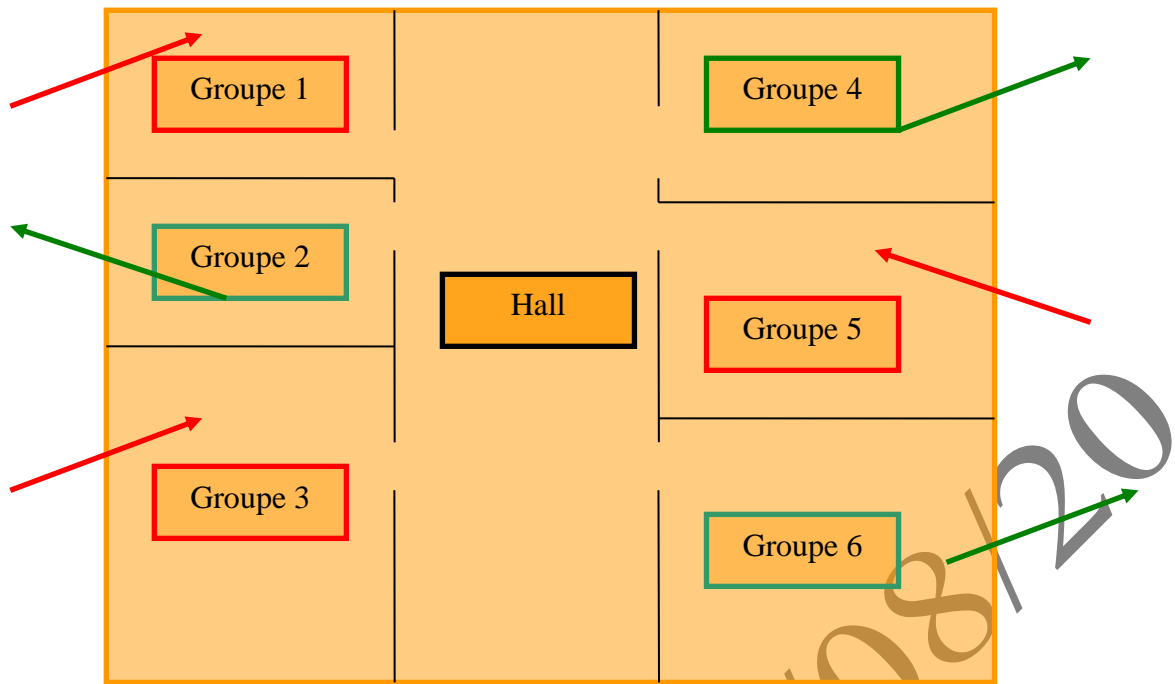


Figure 21 : Bilan aéraulique d'une zone à 6 groupes plus un hall. Dans un premier temps, on effectue le comportement thermique des groupes 1, 3 & 5. Dans une deuxième temps, celui du hall (fictif ou pas). Puis celui des groupes 2,4&6.

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}^g , les débits massiques Q_{maj}^g et les humidités w_{maj}^g 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.

5.5.3.3 Systèmes 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.

Version du 04/08/20

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 24 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			
	$P_{sysFR,g}$	Besoin en froid du groupe g .	W			
	$\omega_{i,gfin}$	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	m ³ /h			
	$q_{spec_soufflé}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe g par le système s	m ³ /h			
	$q_{Air_Neuf,min}^g$	Débit volumique minimal d'air neuf. Il correspond au débit d'hygiène	m ³ /h			
	$T_{air_souffle}^{g,s}$	Température du débit spécifique soufflé au niveau du groupe g par le système s	°C			
	$\omega_{air_souffle}^{g,s}$	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	m ³ /h	-∞	+∞	-
	ΔP_1^j	Pression de changement de comportement de l'entrée j	Pa	-∞	+∞	
	ΔP_2^j	Pression de changement de comportement de l'entrée j	Pa	-∞	+∞	
	M'^j	Module du défaut d'autorégulabilité	m ³ /h	0	+∞	

zone	r	Atténuation du débit du système anti-retour.	-	0	1	
	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	Voir Tableau 25
	$\delta_{permea_verticale}$	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	-
	$i_{hebergement}$	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.	$\frac{m^3}{h \cdot m^2}$	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
\dot{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
$q_{m,aération}^{g,s}$	Débit massique d'aération par ouverture de fenêtre du groupe, défini pour garantir la	kg/s

cohérence avec le calcul de la température des groupes.

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	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
$H_{v_def}^z$	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	m ²
	A_{toit}^{zone}	Surface de toit de la zone	m ²
	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	m ²
	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	m ²

		de l'entrée d'air j	
	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
$Q_{v,spec,entr}^g(\Delta P)$	Somme des débits volumiques spécifiques entrants dans le groupe	kg/m ³
$Q_{v,spec,sort}^g(\Delta P)$	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
$\rho_{air_souffle}^{g,s}$	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	28,976
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 24 : 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 25).

La seule exception est le cas de la zone à usage d'habitation – logement collectif. Pour de dernier, δ_{trav_zone} est pris égal à 1 (traversant), si au moins la moitié de la surface habitable totale de la zone correspond 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.

N° d'usage	Type d'usage associé	$\delta_{\text{trav_zone}}$
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	1
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	Non-conventionnel
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	1
4	Enseignement primaire	1
5	Enseignement secondaire (partie jour)	1
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	1
7	Enseignement - université	1
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	0
10	Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	0
11	Hôtel 2* (partie nuit)	0
12	Hôtel 3* (partie nuit)	0
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	0
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	1
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	1
16	Bureaux	1
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	1
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	1
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	1
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	1
22	Commerce, magasin, zones commerciales	1
24	Etablissement sportif scolaire	1
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	0
27	Hôpital (partie nuit)	1
28	Hôpital (partie jour)	1
29	Transport - aéroport	1
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	0
32	Industrie - 3x8h	1
33	Industrie - 8h à 18h	1
34	Tribunal	1
36	Etablissement sportif municipal ou privé	1
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	1
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	1

Tableau 25: 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 $C_{p,K}$ est fonction de l'exposition au vent et de la hauteur de la zone comme on peut le voir dans le Tableau 26 : et le Tableau 27.

L'écrantage de la zone est fixée conventionnellement à « normal » ($id_{\text{écranage}} = 1$).

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 26 : C_p pour les zones traversantes (réf : tableau A.3 EN NF 15242)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 27: 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

Si $i_{herbergement} = 1$ (usage d'habitation ou d'hébergement) ou $h_{zone} < 3$ (m), alors,

$$\delta_{permea_verticale} = 0 \text{ (pas de transferts d'air verticaux entre niveaux de la zone)} \quad (138)$$

Sinon,

$$\delta_{permea_verticale} = 1 \text{ (possibilité de transferts d'air verticaux entre niveaux de la zone)}$$

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 22 constitué de 4 tronçons de courbes.

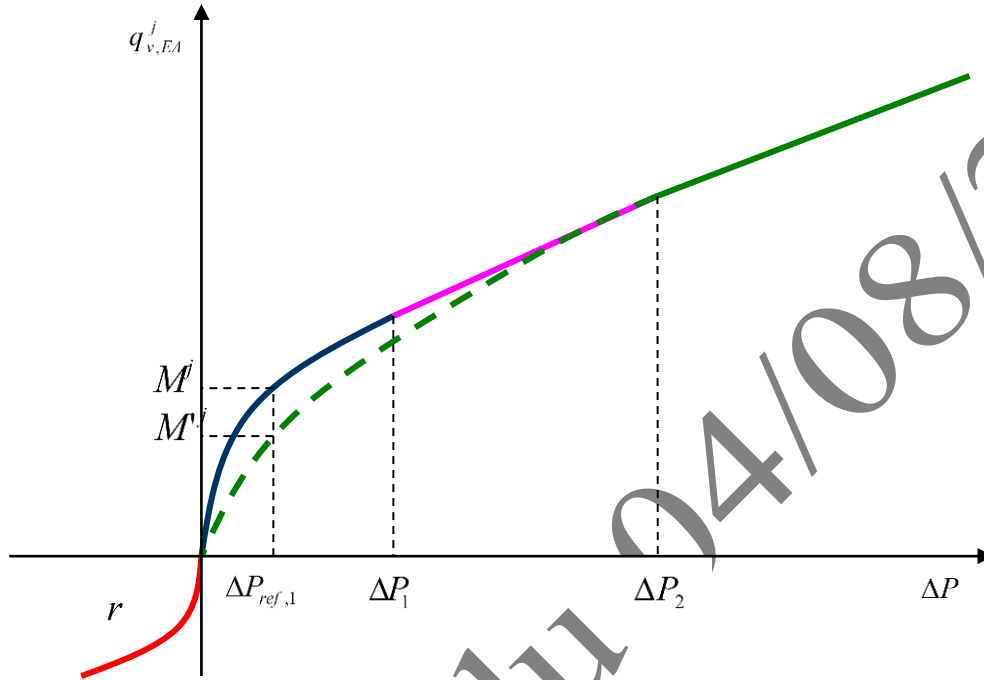


Figure 22 : Courbe caractéristique d'une entrée. On montre l'ensemble des entrées utilisateurs qui peuvent être ajustées afin d'obtenir une entrée d'air fixe ou bien pour obtenir un comportement autoréglable anti-retour.

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

$$q_{v,EA}^j(\Delta P) = C^j |\Delta P|^{0,5} \quad (141)$$

Dans le cas où on considère une entrée d'air fixe sans autoréglabilité, $\Delta P_1 = \infty$.

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 :

- $\Delta P_2 < \Delta P$

$$q_{v,EA}^j(\Delta P) = C'^j |\Delta P|^{0.5},$$

$$\text{où } C'^j = C_d \cdot \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \right)^{0.5} \cdot A'^j \text{ et } A'^j = 10^{-4} \cdot M'^j \cdot \left(\frac{10}{|\Delta P_{ref,1}|} \right)^{0.5}.$$

- $\Delta P_1 < \Delta P \leq \Delta P_2$: 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

$$\begin{aligned} a &= \frac{q_{v,2} - q_{v,1}}{\Delta P_2 - \Delta P_1} \\ b &= - \frac{q_{v,2} \cdot \Delta P_1 - q_{v,1} \cdot \Delta P_2}{\Delta P_2 - \Delta P_1}, \end{aligned} \quad (144)$$

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 28.

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 28 : 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 ; ($\delta_{\text{perméa}}^{\text{verticale}} = 1$)

Les différents composants décrivant les entrées d'air sont définis aux altitudes suivantes :

- Altitude basse : $z_b = z + h_{\text{plancher}} + 0.25 \times \min(h_{\text{zone}}, 15)$
- Altitude haute : $z_h = z + h_{\text{plancher}} + 0.75 \times \min(h_{\text{zone}}, 15)$

- Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique négligeable⁵ ; ($\delta_{\text{perméa}}^{\text{verticale}} = 0$)

Les différents composants décrivant les entrées d'air sont définis à l'altitude (unique) suivante :

- Altitude unique : $z_b = z + h_{\text{plancher}} + R_{H_EA} \times \min(h_{\text{zone}}, 3)$

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 29.

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 29 : Répartition des entrées d'air dans le groupe (NF EN 15242)

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 :

$$Rat_{EA}^{j,g} = \frac{M^{j',g}}{\sum_g M^{j',g}} \quad (149)$$

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 22 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 :

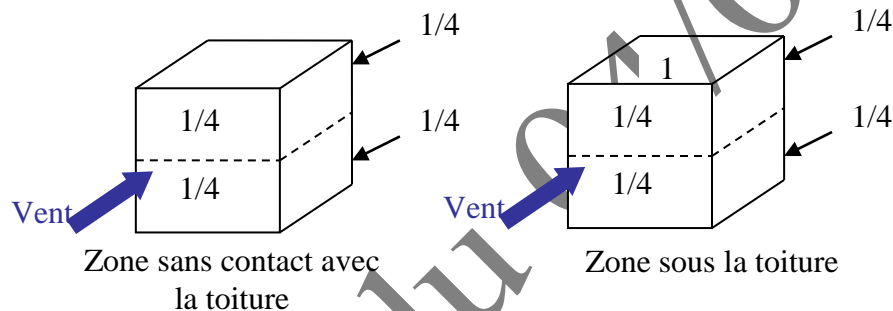


Figure 23 : Répartition conventionnelle de la perméabilité au sein d'une zone

Le Tableau 30 et le Tableau 31 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 30 : 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 31 : 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 32.

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 32 : 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 entrées d'air.

- **Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique significative ($\delta_{\text{verticale}}^{\text{perméa}} = 1$)**

Les différents composants décrivant les entrées d'air sont définis aux altitudes suivantes :

- Altitude basse : $z_b = z + h_{\text{plancher}} + 0.25 \times \min(h_{\text{zone}}, 15)$
- Altitude haute : $z_h = z + h_{\text{plancher}} + 0.75 \times \min(h_{\text{zone}}, 15)$
- Altitude du toit : $z_t = z + h_{\text{plancher}} + \min(h_{\text{zone}}, 15)$
- **Cas d'une zone avec hauteur de tirage thermique négligeable ($\delta_{\text{verticale}}^{\text{perméa}} = 0$)**
 - Altitude basse : $z_b = z + h_{\text{plancher}} + 0.25 \times \min(h_{\text{zone}}, 3)$
 - Altitude haute : $z_h = z + h_{\text{plancher}} + 0.75 \times \min(h_{\text{zone}}, 3)$
 - Altitude du toit : $z_t = z + h_{\text{plancher}} + \min(h_{\text{zone}}, 3)$

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 32.

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

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeurs par défaut ($m^3/(h.m^2)$)
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	Pas de valeur par défaut
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	1,7
4	Enseignement primaire	1,7
5	Enseignement secondaire (partie jour)	1,7
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	1,7
7	Enseignement - université	1,7
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	1,7
10	Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	1,7
11	Hôtel 2* (partie nuit)	1,7
12	Hôtel 3* (partie nuit)	1,7
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	1,7
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	1,7
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	1,7
16	Bureaux	1,7
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	1,7
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	1,7
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	1,7
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	1,7
22	Commerce, magasin, zones commerciales	3,0
24	Etablissement sportif scolaire	3,0
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	1,7
27	Hôpital (partie nuit)	1,7
28	Hôpital (partie jour)	1,7
29	Transport - aéroport	3,0

30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	1,7
32	Industrie - 3x8h	3,0
33	Industrie - 8h à 18h	3,0
34	Tribunal	1,7
36	Etablissement sportif municipal ou privé	3,0
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	1,7
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	1,7

Tableau 33 : Valeurs par défaut de la perméabilité à l'air de l'enveloppe

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 $q_{spec_souffle}^{g,s}$ par le système s du groupe g sont transformés en débits massique $q_{m,spec_repris}^{g,s}$ et/ou soufflé $q_{m,spec_souffle}^{g,s}$.

Au final, on fait la somme des débits spécifiques soufflé et repris **au niveau de la zone** :

$$q_{m,spec_repris} = \sum_g \left(\sum_s q_{m,spec_repris}^{g,s} \right) \quad (152)$$

$$q_{m,spec_souffle} = \sum_g \left(\sum_s q_{m,spec_souffle}^{g,s} \right) \quad (153)$$

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 :

$$\Delta P = P_{ext} - P_{int} \quad \rho = \rho_{int}$$

$$\text{si } \Delta P = P_{ext} - P_{int} \quad \rho = \rho_{ext}$$

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 :

$$q_{m,a\acute{e}ration}^{g,s} = q_{m,spec_souffle}^{g,s} \quad (164)$$

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 :

$$q_{m,spec_repris}^{g,s} = \rho_{int} \times 3600^{-1} \times q_{spec_repris}^{g,s} \quad (166)$$

Version du 04/08/20

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 aérodynamique 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

$$q_m^g(\Delta P) = -(q_{m,def}^g(\Delta P) + q_{m,EA}^g(\Delta P) + q_{m,repris}^g + q_{m,soufflé}^g) \quad (168)$$

Avec :

$$\begin{aligned} q_{m,def}^g(\Delta P) &= q_{m,def_façade,vb}^g(\Delta P_{vb,g}) + q_{m,def_façade,sb}^g(\Delta P_{sb,g}) + q_{m,def_façade,vh}^g(\Delta P_{vh,g}) \\ &+ q_{m,def_façade,sh}^g(\Delta P_{sh,g}) + q_{m,def_toit}^g(\Delta P_{t,g}) \\ q_{m,EA}^g(\Delta P) &= q_{m,EA,vb}^g(\Delta P_{vb,g}) + q_{m,EA,sb}^g(\Delta P_{sb,g}) + q_{m,EA,vh}^g(\Delta P_{vh,g}) + q_{m,EA,sh}^g(\Delta P_{sh,g}) \end{aligned} \quad (169)$$

Dans le modèle de ventilation de TH-BCE 2020, 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 $\omega_{aj}(h)$ représentent 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 .

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 :

$$\sum Q_{maj}^g = q_{air_neuf}^g + \sum q_{m,spécifique_soufflé}^g + q_{m,Hall}^g \text{ (si } q_{m,Hall}^g > 0 \text{)} \quad (173)$$

Pour le Hall :

$$\sum Q_{maj}^g = Q_{air_neuf}^g + \sum q_{m,Hall}^g \text{ (si vu du Hall, } q_{m,Hall}^g > 0 \text{)}$$

Quel que soit le groupe :

$$\sum_j \omega_{maj} \times Q_{maj}^g = \omega_{ext} \times q_{air_neuf}^g + \sum \omega_{spec} \times q_{m,spécifique_soufflé}^g + \sum \omega_{i,jprev} \times q_{m,j}^{j \neq g}$$

Soit pour un groupe autre que le Hall :

$$\sum_j \omega_{maj} \times Q_{maj}^g \quad (174)$$

$$= \omega_{ext} \times q_{air_neuf}^g + \sum \omega_{spec} \times q_{m,spécifique_soufflé}^g + \omega_{i,Hallprev} \times q_{m,Hall}^g \text{ (si } q_{m,Hall}^g > 0 \text{)}$$

Pour le Hall :

$$\sum_j \omega_{maj} \times Q_{maj}^g$$

$$= \omega_{ext} \times q_{air_neuf}^g + \sum \omega_{spec} \times q_{m,spécifique_soufflé}^{Hall} + \sum_g \omega_{i,jprev} \times q_{m,Hall}^g \text{ (si vu du Hall, } q_{m,Hall}^g > 0 \text{)}$$

5.6.3.10 Calcul des débits entrants et sortants du groupe

Les débits sont exprimés en m^3/h .

5.6.3.10.1 Débits par les défauts d'étanchéité

A chaque pas de temps,

$$Q_{v,def,entr}^g = \sum_{def \in g} \max(q_{v,def}(\Delta P), 0)$$

$$Q_{v,def,sort}^g = \sum_{def \in g} \min(q_{v,def}(\Delta P), 0)$$

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,

$$Q_{v,EA,entr}^g = \sum_i \max(q_{v,EA}^{g,i}(\Delta P), 0)$$

$$Q_{v,EA,sort}^g = \sum_i \min(q_{v,EA}^{g,i}(\Delta P), 0)$$

Où Q =débit total, sommé sur tous les composants du groupe...

Version du 04/08/20

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 34 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées aux groupes.

Entrées du système		
Nom	Description	Unité
<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_{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	-
<i>Choix des saisons</i>		
$Saison_{eff}^{gr}(j)$	La saison effective à appliquer 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.
<i>Données issues des scénarios</i>		
i_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone 0 = zone inoccupée 1 = zone occupée	-
I_{Ecl}	Indice d'occupation de la zone dans laquelle se situe le groupe 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 Température de consigne initiale de refroidissement	°C
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.	-			
	$\{A_{ouv,max,tp^b}(h)\}_b$	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				
	Q_{maj}^g	Débit massique j entrant dans le groupe g	kg/s			
	T_{maj}^g	Température du débit massique j entrant dans le groupe g	°C			
v e n t i l l a t i o n	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	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 ² SREF ^{gr}
Bfr_m^{gr}	Besoins mensuels en froid du groupe	kWh/m ² SREF ^{gr}
Bfr^{gr}	Besoins annuels en froid du groupe	kWh/m ² SREF ^{gr}
$Becl_m^{gr}$	Besoins mensuels d'éclairage du groupe	kWh/m ² SREF ^{gr}
$Becl^{gr}$	Besoins annuels d'éclairage du groupe	kWh/m ² SREF ^{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_f^{gr}	Somme des parois déperditives du groupe	m ²
$A_{f,perm}^{gr}$	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 saisons	$Q_{v,def,entr}^g$	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
	$\{Q_{req,genr,c}h(h)\}_{j-28;j-1}$	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
	$\{Q_{req,genr,fr}h(h)\}_{j-28;j-1}$	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

CEP annuels	$C_{ep_ch}^{gr}$	Energie primaire totale consommée pour le chauffage dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ep_fr}^{gr}$	Energie primaire totale consommée pour le refroidissement dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ep_ecs}^{gr}$	Energie primaire totale consommée pour l'ECS dans le groupe pour l'année entière.	Wh/m ² SRE 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 ² SRE 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 ² SRE F.an
	$C_{ep_auxs}^{gr}$	Energie primaire totale consommée par les auxiliaires de distribution pour l'année entière.	Wh/m ² SRE 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 ² SRE F.mois
	$C_{ep_fr_m}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée pour le refroidissement dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ep_ecs_m}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée pour l'ECS dans le groupe pour le mois m .	Wh/m ² SRE 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 ² SRE 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 ² SRE F.mois
	$C_{ef_auxs}^{gr}(m)$	Energie primaire totale consommée par les auxiliaires de distribution pour le mois m .	Wh/m ² SRE F.mois
	$C_{ef_gaz}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du gaz pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef_fod}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du fioul domestique pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef_cha}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du charbon pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE F.an
	$C_{ef_boi}^{gr}$	Energie finale totale fournie par utilisation du bois pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE 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 ² SRE 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 ² SRE F.an
par énergie	$C_{ep_gaz}^{gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation du gaz pour le groupe sur l'année entière.	Wh/m ² SRE 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	Con v.

Tableau 34 : 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 24 dans le cas du calcul Bbio,
- la Figure 25 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.

Version du 04/08/20

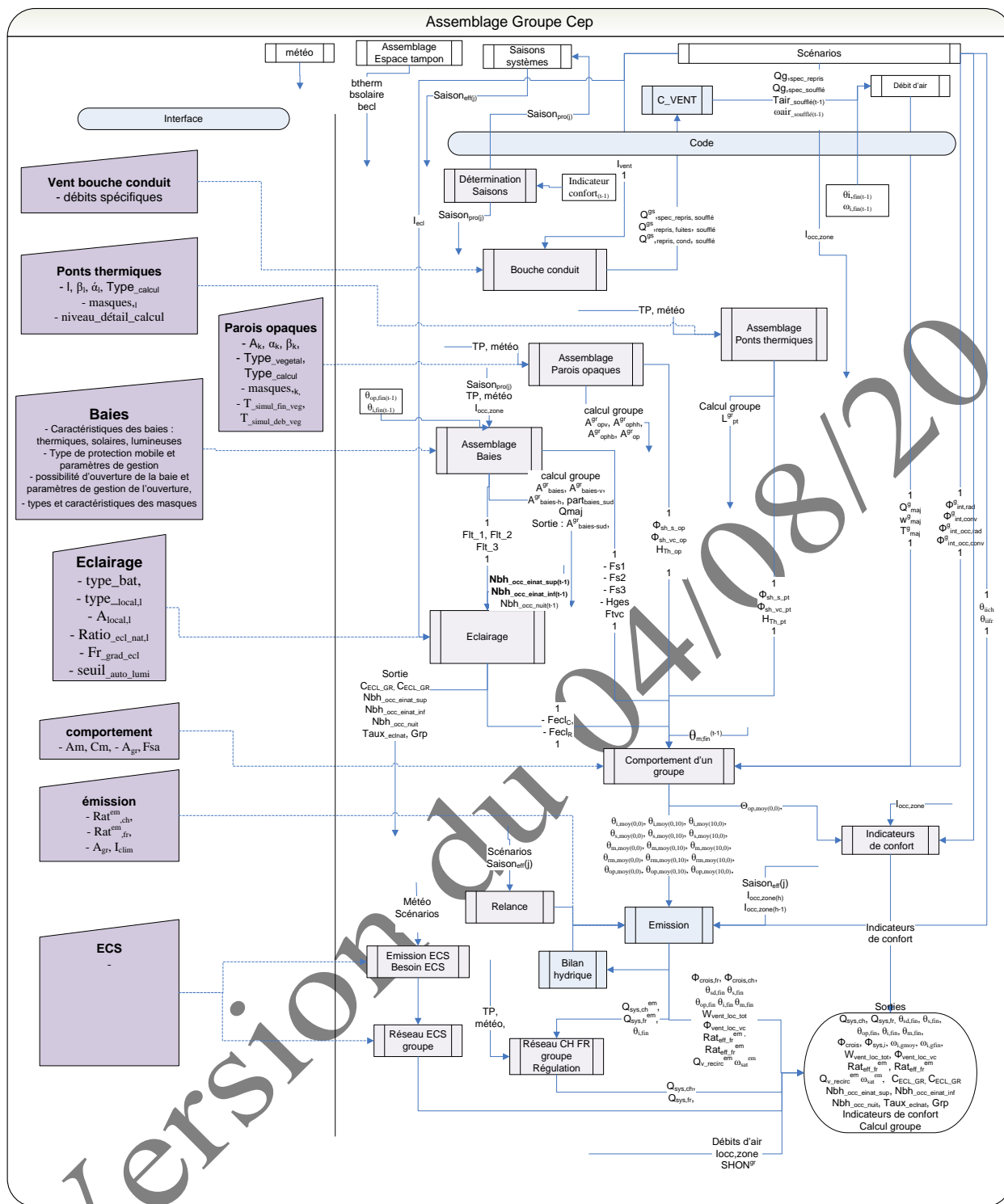


Figure 25 : Assemblage des composants d'un groupe pour le calcul de Cep

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 algorithmique.

- 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 groupes, 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 Hges, etc.)

Version du 04/08/20

5.8.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 35 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 : 1: saison de refroidissement ; 2: mi-saison ; 3: saison de chauffe avec interdiction de refroidir ; 4 : saison de chauffe avec autorisation de refroidir.	Ent.
	$\theta_{op,fin}(h-1)$	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
	$\theta_i(h-1)$	Température intérieure de l'air du groupe considéré, au pas de temps $h-1$.	°C
Groupe	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
	T_{ciel}	Température du ciel	
	T_e	Température extérieure d'air sec	°C
	w_e	Poids d'eau	g/kgas
Climat ext. (pour la fiche Env. proche)	Dir_{vent}	Direction du vent	°
	V_{vent_c}	La vitesse du vent corrigée	m/s
	$Jour_année$	jour de l'année (1 à 365)	-
	$Hleg$	heure légale de la journée (1 à 24)	-
Scénarios conv.		Indice d'occupation de la zone	
	i_{occ_zone}	0 = zone inoccupée 1 = zone occupée	-
Espace tampon	$b_{therm,i,b}$	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)

-

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				

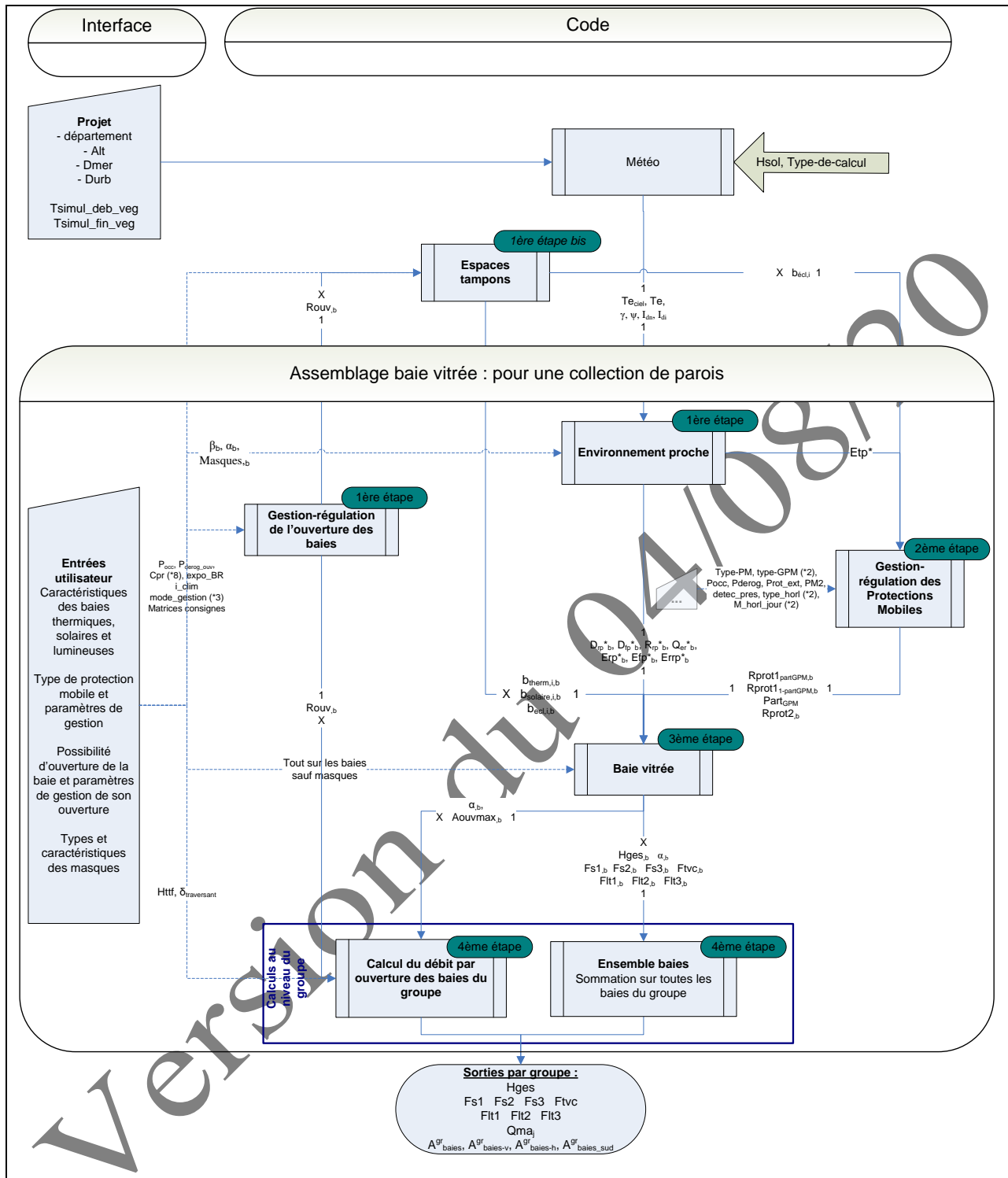
Sorties

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,	

$Flt_{3(0)}$	c'est à dire les baies d'un volume « normal », c'est-à-dire tous les volumes excepté les grands volumes. 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'éclairage 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 35 : 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'éclairement 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.

Version du 04/08/20

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.

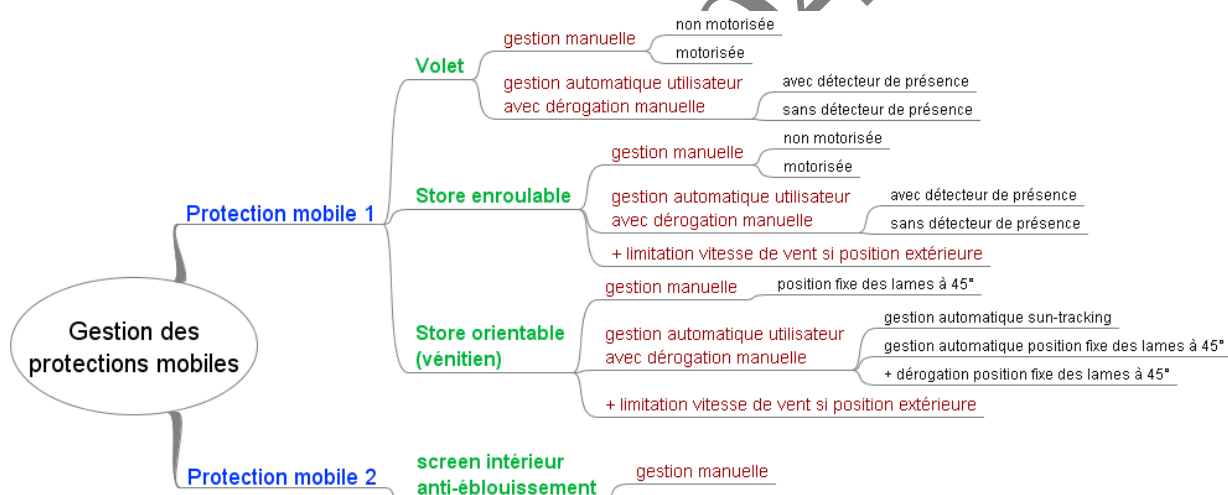


Figure 26 : Modes de gestion par type de protection mobile

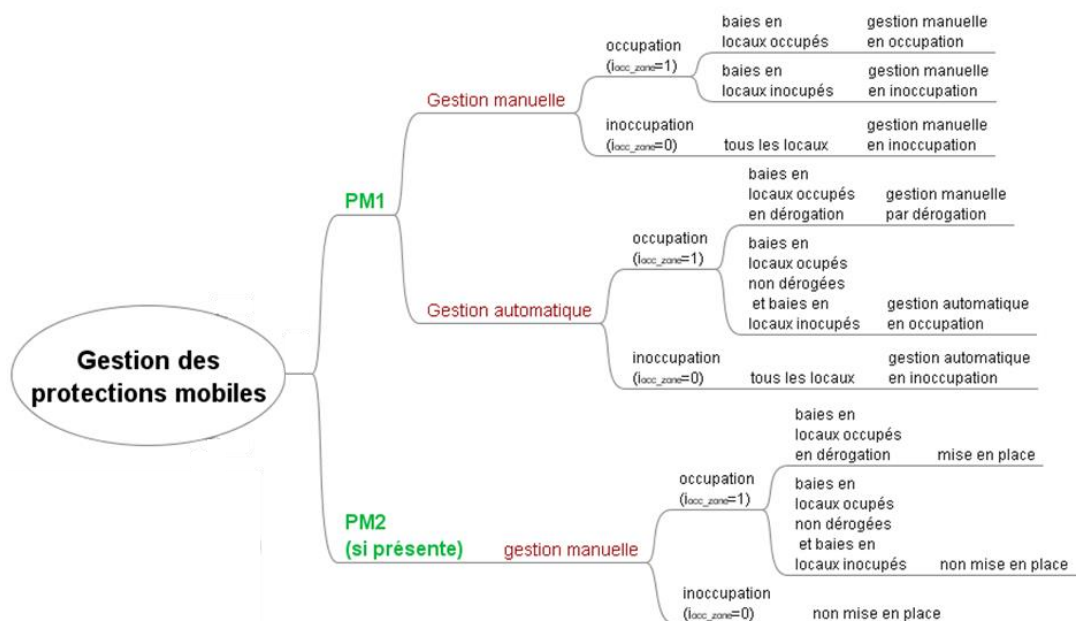


Figure 27 : Répartition des modes de gestion

5.9.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 36 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de gestion des protections mobiles.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unit é			
Saison	$Saison^{gr}(j)$	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^*	Eclairement incident total sur la baie, sans prise en compte du (des) espace(s) tampon(s)	lux			
	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			
	$Is_{periode_chaude}(h)$	Est-on en période chaude ?	°C			
	$Jour_année$	Jour de l'année (1 à 365)	-			
	h_{leg}	Heure légale de la journée (1 à 24)	-			
Scénarios conv.	i_{occ_zone}	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>	-			
	i_{occ_gpm}	Indice d'occupation de la zone pour la gestion des protections mobiles 0 = zone inoccupée la nuit ou en vacances 1 = zone occupée le jour <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'éclairement 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 composant						
	Nom	Description	Unit é	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	+∞	-
$Toph_limh_auto$	Limite haute pour la température opérative moyenne de l'heure précédente, utilisée en gestion automatique	°C	-∞	+∞	-
$Toph_limb_auto$	Limite basse pour la température opérative moyenne de l'heure précédente, utilisée en gestion automatique	°C	-∞	+∞	-
$Vventlim_auto$	Seuil de vitesse de vent pour laquelle la protection (extérieure) est remontée, utilisée en gestion automatique	m/s	0	+∞	-
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>					
$Topj_lim_manu_v[z]$	Limite haute pour la température opérative moyenne du jour précédent, en gestion manuelle lorsque la protection est de type volet	°C	-∞	+∞	26.5
$Topj_lim_manu_se[z]$	Limite haute pour la température opérative moyenne du jour précédent, en gestion manuelle lorsque la protection est de type store enroulable	°C	-∞	+∞	26.5
$Vventlim_manu_se$	Seuil de vitesse de vent pour lequel la protection (extérieure) de type store enroulable est remontée	m/s	0	+∞	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]	[+∞]	-
$M_Ecl2_occ1_se[z]$	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]	[+∞]	-
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	+∞	-
$Vventlim_auto_sv$	seuil de vitesse de vent limite pour lequel les stores vénitiens (extérieurs) sont remontés en gestion automatique	m/s	0	+∞	-
$M_Rprot1_auto_sv$	Matrice des ratios de fermeture des stores vénitiens, en occupation et en inoccupation, pour la gestion automatique	-	[0]	[1]	-
<i>Pour la gestion manuelle</i>					
$Eclim_manu_sv$	Seuil d'éclairement incident pour la gestion manuelle	lux	0	+∞	15000
$Vventlim_manu_sv$	seuil de vitesse de vent limite pour lequel les stores vénitiens (extérieurs) sont remontés en gestion manuelle	m/s	0	+∞	10
$M_Rprot1_manu_sv_v[z]$	Matrice des ratios de fermeture des stores vénitiens, en occupation et en inoccupation, pour la gestion manuelle	-	[0]	[1]	-
$M_Ecl2_occ1_sv_v[z]$	Matrice de seuils d'éclairement pour lesquels la seconde protection mobile est entièrement fermée en occupation, lorsque la première protection mobile est de type store vénitien	[lux]	[0]	[+∞]	-
Pour les PM2 (quelque soit PM1)					
$Rprot2_1-partGPM$	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>Type_PM</i>	Type de PM1 (0-pas de PM/ 1-volet / 2-store enroulable / 3-store vénitien)	-	0	3	-
<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 motorisée ou non 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 / 1-horloge crépusculaire / 2-horloge personnalisable) pour les stores vénitiens	-	0	2	-
<i>M_horl_jour_sv</i>	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-I_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'éclairage 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	-

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'éclairage incident pour lequel $Rprot1_manu_occ_v = 1$ (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'éclairage 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'éclairage 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'éclairage 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'éclairage 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)	
$R_{prot1_{partGPM,b}}$	Position de la première protection mobile de la baie vitrée b dans la « part _{GPM} » des locaux (0 – ouverte, 1 – fermée)	-
$R_{prot1_{1-partGPM,b}}$	Position de la première protection mobile de la baie vitrée b dans la partie « 1- part _{GPM} » des locaux (0 – ouverte, 1 – fermée)	-
$R_{prot2,b}$	Position de la seconde protection mobile de la baie vitrée b (0 – ouverte, 1 – fermée)	-

Tableau 36 : Nomenclature des différentes variables du modèle de gestion des protections mobiles

Version du 04/08/20

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 R_{prot} pour un éclairage nul.

L'indice **1** accolé à *occ* caractérise la valeur de l'éclairage pour un $R_{prot}=1$.

L'indice **1** affecté au R_{prot} ou à *Ecl* caractérise la première protection mobile.

L'indice **2** affecté au R_{prot} ou à *Ecl* caractérise la seconde protection mobile.

Exemple : $R_{prot1_manu_occ0}$ est le ratio de fermeture de la première protection mobile pour un éclairage 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 R_{prot} un ratio de surface relative de protection de la baie, tel que :

- $R_{prot} = 0$ si la baie est sans protection mobile
- $R_{prot} = 1$ 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 $R_{prot_{partGPM}}$ pour la part $Part_{GPM}$ de la baie et un $R_{prot_{1-partGPM}}$ 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 ou non motorisée

- store à lames orientables

- suntracking avec dérogation
- automatique fixe 45° avec dérogation
- manuelle

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

Une matrice pour le calcul du Rprot est définie conventionnellement pour chaque usage (donc au niveau de la zone), dépendant du type de gestion (manuelle ou automatique). 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*

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

$$Etp^{**} = b_{ecl,b} \cdot Etp^{*} \quad (176)$$

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.

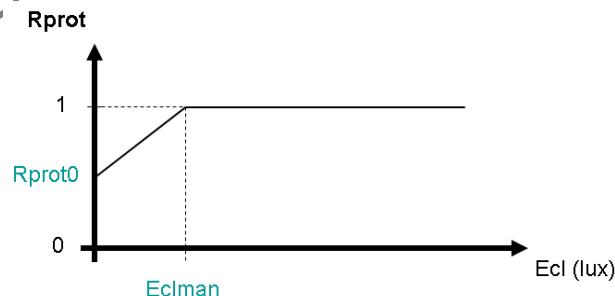


Figure 28 : Calcul d'un Rprot en fonction de l'éclairement

Si $Etp^{**} \geq Ecl_{man}$

$$R_{prot} = 1 \quad (177)$$

Si $Etp^{**} < Ecl_{man}$

$$R_{prot} = R_{prot0} + (1 - R_{prot0}) \cdot \frac{E_{tp}^{**}}{E_{clman}}$$

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 ($i_{occ_zone}=vrai$)

$$part_{GPM} = P_{occ}[z] \quad (178)$$

En période d'inoccupation ($i_{occ_zone}=faux$),

$$part_{GPM} = 0$$

$P_{occ}[z]$ 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 ($i_{occ_zone}=vrai$)

$$part_{GPM} = P_{occ}[z] * P_{dérog}[z] \quad (179)$$

En période d'inoccupation ($i_{occ_zone}=faux$),

$$part_{GPM} = 0$$

$P_{dérog}[z]$ 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

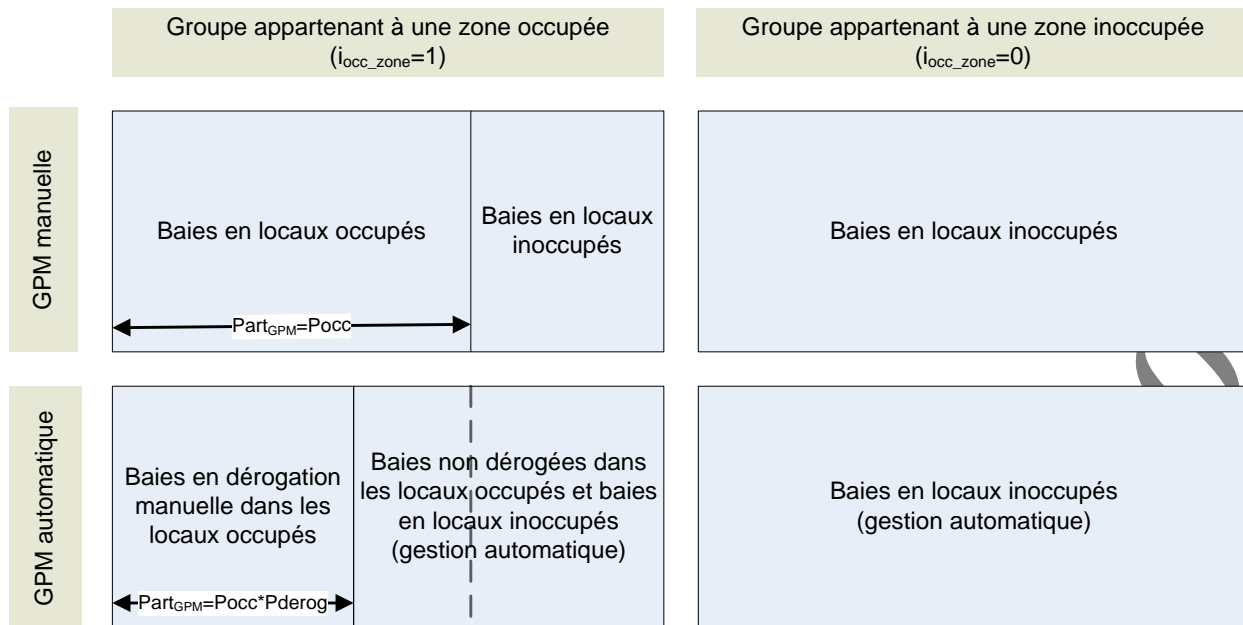


Figure 29 : Synthèse du calcul de part_{GPM} en fonction des configurations

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 ($\text{type-GPM}=1$)

- si il y a un détecteur de présence ($\text{detec_pres}=\text{vrai}$)

$\text{type-GPM-manu} = 1$

- si pas de détecteur de présence ($\text{detec_pres}=\text{faux}$)

$\text{type-GPM-manu} = 2$

(180)

- si la gestion est manuelle ($\text{type-GPM}=2$ ou 3)

$\text{type-GPM-manu} = 3$

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.

{ Si $Etp^{**} \neq 0$, $Jour=vrai$
si $Etp^{**}=0$, $Jour=faux$

(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 .

{ Si $Hj_debut(saison_GPM) < Hleg \leq Hj_fin(saison_GPM)$ alors $Jour=vrai$
sinon $Jour=faux$

Matrice M_Horl_jour	hiver	mi-saison	été
Hj_debut			
Hj_fin			

Figure 30 : 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 $i_{occ_gpm} = 1$

$$\begin{cases} Jour = \text{vrai}, \text{ si } Etp^{**} \neq 0 \\ Jour = \text{faux}, \text{ si } Etp^{**} = 0 \end{cases}$$

Si $i_{occ_gpm} = 0$

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.

$$\begin{cases} \text{Si } Etp^{**} \neq 0, Jour = \text{vrai} \\ \text{si } Etp^{**} = 0, Jour = \text{faux} \end{cases} \quad (184)$$

- 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)

$$\begin{cases} \text{si } H_{j_debut}(saison_GPM) < H_{leg} \leq H_{j_fin}(saison_GPM) \text{ alors } Jour = \text{vrai} \\ \text{sinon } Jour = \text{faux} \end{cases}$$

Matrice <i>M_Horl_jour_sv</i>	hiver	mi-saison	été
<i>Hj_debut</i>			
<i>Hj_fin</i>			

Figure 31 : 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 $i_{occ_gpm} = -1$

$Jour = \text{faux}$

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 R_{prot} 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 R_{prot} 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 R_{prot} issue de la matrice M_Rprot1_auto dans la même situation mais pour $Toph-1limh < \theta_{op,fin}$,

on a les profils suivants :

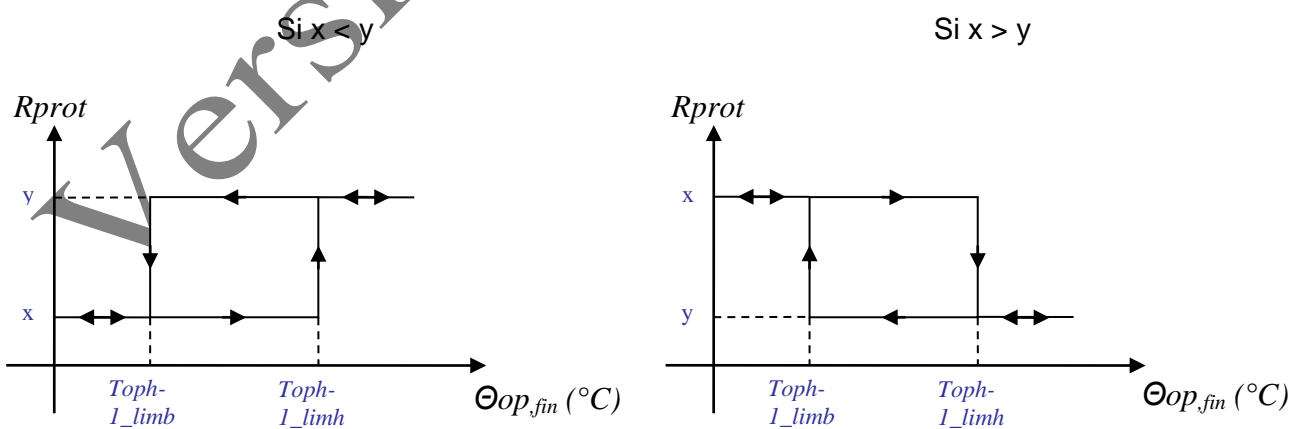


Figure 32 : Forme générale du profil du ratio de fermeture d'une protection mobile en gestion automatique, en fonction de la température opérative

Version du 04/08/20

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					
				Bp* < Eclim_auto				Bp* ≥ Eclim_auto							
				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		PM1	PM1	PM1	PM2	PM1
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver												
			mi-saison												
			été	Topj-1_lim_manu < Topj-1_max											
				Topj-1_max < Topj-1_lim_manu											
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver												
			mi-saison												
	inoccupation	gestion automatique	hiver												
			mi-saison												
			été	Topj-1_lim_manu < Topj-1_max											
				Topj-1_max < Topj-1_lim_manu											
		gestion manuelle non motorisée	hiver												
			mi-saison												
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle non motorisée	hiver												
			mi-saison												
			été	Topj-1_lim_manu < Topj-1_max											
				Topj-1_max < Topj-1_lim_manu											
		gestion manuelle motorisée	hiver												
			mi-saison												
	inoccupation	gestion manuelle non motorisée	hiver												
			mi-saison												
			été	Topj-1_lim_manu < Topj-1_max											
				Topj-1_max < Topj-1_lim_manu											
		gestion manuelle motorisée	hiver												
			mi-saison												

Figure 33 : 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_manu_sv			
				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							
gestion manuelle	occupation	gestion manuelle	hiver							
			mi-saison							
			été							
	inoccupation	gestion manuelle	hiver							
			mi-saison							
			été							

Figure 34 : matrice générale des ratios de fermeture dans le cas où la première protection mobile est de type store vénitien

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 34 usages.

	Liste des zones	Regroupement d'usages						Paramètres des	
		Habitation, hôtellerie et hébergement	Bureaux	Enseignement	Restauration	Hôpitaux (24h/24)	Autre	Pocc	Pderog
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	X						0,5	0,25
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	X						0,7	0,25
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)			X				0,7	0,4
4	Enseignement primaire			X				0,7	0,4
5	Enseignement secondaire (partie jour)			X				0,7	0,4
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	X						0,8	0,25
7	Enseignement - université			X				0,7	0,4
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	X						0,8	0,25
10	Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	X						0,8	0,25
11	Hôtel 2* (partie nuit)	X						0,8	0,25
12	Hôtel 3* (partie nuit)	X						0,8	0,25
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	X						0,8	0,25
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)		X					0,8	0,25
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)		X					0,8	0,25
16	Bureaux		X					0,5	0,25
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)				X			0,9	0,1
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7				X			0,9	0,1
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7				X			0,9	0,1
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7				X			0,9	0,1
22	Commerce, magasin, zones commerciales						X	0,7	0,1
24	Etablissement sportif scolaire						X	0,9	0
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	X						0,8	0,25
27	Hôpital (partie nuit)					X		0,8	0,25
28	Hôpital (partie jour)		X					0,5	0,25
29	Transport - aéroport						X	0,9	0
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	X						0,8	0,25
32	Industrie - 3x8h						X	0,7	0,1
33	Industrie - 8h à 18h						X	0,7	0,1
34	Tribunal						X	0,5	0,1
36	Etablissement sportif municipal ou privé						X	0,9	0
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7				X			0,9	0,1
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7				X			0,9	0,1

Figure 35 : 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		
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		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	20%	30 000	80%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	40 000	50%		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%	50 000		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	20%	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	20%	20 000	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 36 : 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		
				Rprot0	EcI1	Rprot	EcI2		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	30%	20 000	90%
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	20%	60 000	30%		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	20%	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%	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 37 : 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%	
		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 38 : 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	EcI1	Rprot	EcI2	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 39 : 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%	20 000	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%	80%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	25%	40 000	40%	40 000	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%	90%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	30 000	40%	30 000	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 40 : 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 41 : 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			
				Rprot0	Ecl1	Rprot	Ecl2		Rprot	
gestion automatique	occupation	dérogation manuelle sans détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	100 000	20%		
			mi-saison	10%	60 000	10%	60 000	20%		
			été	Topj-1_max < Topj-1_lim_manu	20%	50 000	20%	30 000	20%	
				Topj-1_lim_manu <= Topj-1_max	30%	40 000	50%		20%	
		dérogation manuelle avec détecteur de présence	hiver	10%	60 000	10%	idem avec ou sans détecteur de présence	10%		
			mi-saison	10%	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 42 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SE 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		
				Rprot0	EcI1	Rprot	EcI2		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			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 43 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SE 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				10%	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 44 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SE 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	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			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 45 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SE 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		
				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 46 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SE 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		
				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 47 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SE 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 48 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SV 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 49 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SV 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 50 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SV 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	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 51 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SV 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	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
			mi-saison				
			été				
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 52 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SV 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	idem gestion manuelle			idem gestion manuelle
			mi-saison				
			été				
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 53 : Matrice conventionnelle pour les PM1 de type SV et pour les usages de la famille « autres usages »

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 $Rprot1_{partGPM}$ et $Rprot1_{1-partGPM}$ 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*)

$Rprot1_{partGPM}$ est déterminé en gestion manuelle par dérogation (idem. §0) alors que $Rprot1_{1-partGPM}$ est déterminé en gestion automatique.

Matrice M_Rprot1_auto		jour				nuit	
		$Etp^* < Eclim_auto$		$Etp^* \geq Eclim_auto$			
		Toph- 1limh < $\theta_{op,fin}$	$\theta_{op,fin}$ < Toph- 1limb	Toph- 1limh < $\theta_{op,fin}$	$\theta_{op,fin}$ < Toph- 1limb	Toph- 1limh < $\theta_{op,fin}$	$\theta_{op,fin}$ < Toph- 1limb
		Rprot1_auto					
groupe en occupation	hiver						
	mi-saison						
	été						
groupe en inoccupation	hiver						
	mi-saison						
	été						

Figure 54 : 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 $Etp^{**} \geq Eclman$
 $Rprot1_{partGPM,b}=1$
 - si $Etp^{**} < Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot0 + (1 - Rprot0) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman} \quad (186)$$

- 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

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1_manu_occ_v[z] \text{ (} Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1_{max} \text{)}$$

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	Ec11_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 Topi-1_max >= Topi-1lim_manu						

Figure 55 : 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 56 : matrice pour calculer le Rprot des PM1 de type volet, en gestion manuelle et en inoccupation

- En période d'occupation ($i_{occ_zone}=\text{vrai}$),
 - si $Jour=\text{vrai}$ et si $PM2=\text{faux}$,
 - si $Etp^{**} \geq Eclman$
 $Rprot1_{partGPM,b}=1$
 - si $Etp^{**} < Eclman$

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot0 + (1 - Rprot0) \cdot \frac{Etp^{**}}{Eclman}$$

avec $\begin{cases} Rprot0 = Rprot1_manu_occ0_v(\text{type-GPM-manu}, \text{saison_GPM}, Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1_manu_occ1_v(\text{type-GPM-manu}, \text{saison_GPM}, Topj - 1_{max}) \end{cases}$ (188)

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1_manu_occ_v[z] \text{ (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1}_{max})$$

Et, dans tous les cas,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_manu_inocc_v[z] \text{ (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1}_{max})$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ_zone}=\text{faux}$),

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$
 (189)

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_manu_inocc_v[z] \text{ (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1}_{max})$$

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	
		$Etp^* < Eclim_auto$		$Etp^* \geq Eclim_auto$			
		Toph-1limh < $\theta_{op,fin}$	$\theta_{op,fin}$ < Toph-1limb	Toph-1limh < $\theta_{op,fin}$	$\theta_{op,fin}$ < Toph-1limb	Toph-1limh < $\theta_{op,fin}$	$\theta_{op,fin}$ < Toph-1limb
		Rprot1_auto					
groupe en occupation	hiver						
	mi-saison						
	été						
groupe en inoccupation	hiver						
	mi-saison						
	été						

Figure 57 : 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 ($i_{occ_zone}=vrai$),
 - Si $V_{vent_c} \geq V_{ventlim_manu_se}$ et $Prot_ext = vrai$,

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- Sinon
 - 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 $\begin{cases} Rprot0 = Rprot1_manu_occ0_se(type-GPM-manu,saison_GPM,Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1_manu_occ1_se(type-GPM-manu,saison_GPM,Topj - 1_{max}) \end{cases} \quad (190)$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1_manu_occ_se[z] (jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1_{max})$$

Et, dans tous les cas,

- Si $V_{vent_c} \geq V_{ventlim_auto}$ et $Prot_{ext} = vrai$,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_auto (Jour, Etp^{**}, \theta_{op,fin}, i_{occ_zone}, saison_GPM)$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ_zone}=faux$),

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- Si $V_{vent_c} \geq V_{ventlim_auto}$ et $Prot_{ext} = vrai$,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0 \quad (191)$$

- 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)

$Rprot1_{partGPM}$ (locaux occupés) est déterminé en gestion manuelle en occupation alors que $Rprot1_{1-partGPM}$ (locaux inoccupés) est déterminé en gestion manuelle en inoccupation. Leurs 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_o cc0_se	Ecl1_ma nu_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 58 : matrice pour calculer le Rprot 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_max			
gestion manuelle motorisée		hiver			
		misaison			
		été avec Topj-1_max < Topj-1lim_manu			
		été avec Topj-1_max >= Topj-1lim_max			

Figure 59 : matrice pour calculer le Rprot 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 ($i_{occ_zone}=vrai$),
 - Si $V_{vent_c} \geq V_{ventlim_manu_se}$ et $Prot_{ext} = vrai$,

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

(192)

- sinon
- 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 $\begin{cases} Rprot0 = Rprot1_{manu_occ0_se}(type-GPM-manu, saison_GPM, Topj - 1_{max}) \\ Eclman = Ecl1_{manu_occ1_se}(type-GPM-manu, saison_GPM, Topj - 1_{max}) \end{cases}$

- sinon

$$Rprot1_{partGPM,b} = Rprot1_{manu_occ_se}[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1_{max})$$

Et, dans tous les cas,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_{manu_inocc_se}[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1_{max})$$

- En période d'inoccupation ($i_{occ_zone}=faux$)

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0 \quad (193)$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_{manu_inocc_se}[z] (Jour, PM2, type-GPM-manu, saison_GPM, Topj-1_{max})$$

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** <	Etp** ≥	
		Eclim_auto_sv	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 60 : 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 ($i_{occ_zone}=vrai$), (194)
 - Si $V_{vent_c} \geq Vventlim_manu_sv$ et $Prot_{ext} = vrai$,

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

- 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 $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

- sinon

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_auto_inocc_sv \text{ (Jour, saison_GPM)}$$

(195)

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** <	Etp** ≥	
		Eclim_manu_sv	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 61 : 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 $Prot_{ext} = \text{vrai}$,

$$Rprot1_{partGPM,b} = 0$$

$$Rprot1_{1-partGPM,b} = 0$$

(196)

- 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 ($i_{occ_zone}=faux$)

$Rprot1_{partGPM,b} = 0$ (197)

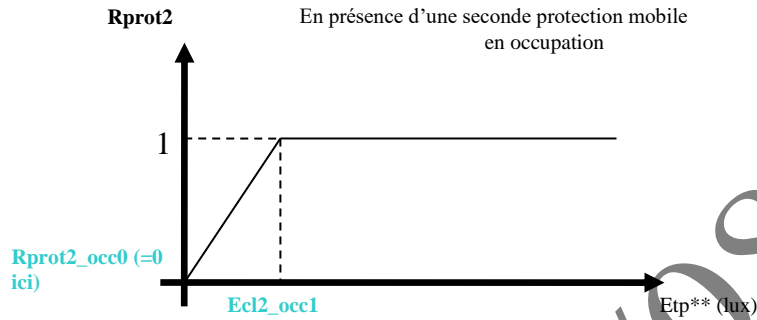
$Rprot1_{1-partGPM,b} = Rprot1_manu_inocc_sv[z] (Jour, saison_GPM)$

Version du 04/08/20

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 éclairagements transmis au groupe. Sa gestion est manuelle. Son ratio de fermeture $R_{prot2,b}$ 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 ($PM2=vrai$), $R_{prot2,b}$ se calcule à chaque pas de temps de la manière suivante



C'est-à-dire,

- En période d'occupation ($i_{occ_zone}=vrai$),
 - si $Etp^{**} < Ecl2_occ1$

$$R_{prot2,b} = R_{prot2_occ0} + (1 - R_{prot2_occ0}) \cdot \frac{Etp^{**}}{Ecl2_occ1}$$

- si $Etp^{**} \geq Ecl2_occ1$

$$R_{prot2,b} = 1$$

(198)

Avec

- $R_{prot2_occ0} = 0$ (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	
	misaison	
	été	
dérogation	hiver	
	mi-saison	
	été	

Figure 62 : 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	
	misaison	
	été	
dérogation	hiver	
	mi-saison	
	été	

Figure 63 : 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	
	misaison	
	été	
gestion automatique 45° (type-GPM-sv=3)	hiver	
	mi-saison	
	été	

Figure 64 : 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 §5.9.3.4 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 qu'il n'y a pas de PM2, celle-ci influant seulement sur l'éblouissement et non le confort thermique calculé dans ce mode.

Le Tableau 37 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) (201)

Mêmes valeurs qu'au paragraphe 5.9.3.4.

Si $Is_{conf_adapt}=1$ (en période de confort adaptatif)

Si Type-PM=1 (volets)

Si $Topj-1_{max} < Topj-1lim_manu_v[z]$ (202)

Mêmes valeurs qu'au paragraphe 5.9.3.4.

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim_manu_v[z]$

(voir coeff. Tableau 37) et $Rprot2,b=0$

Si Type-PM=2 (stores enroulables)

Si $Topj-1_{max} < Topj-1lim_manu_se[z]$

Mêmes valeurs qu'au paragraphe 5.9.3.4. (203)

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim_manu_se[z]$

(voir coeff. Tableau 37) et $Rprot2,b=0$

Si Type-PM=3 (stores à lames orientables)

(voir coeff. Tableau 37) (204)

Rappel : dans les règles Th-D et en période de confort adaptatif ($Is_{conf_adapt}(h)=1$), 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 37 : ratio Rprot0 de la 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 valoriser 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 en climatisation 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 climatisation 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 baie 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 38 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	-
	$Rprot1_{part\ GPM,b}$	Position de la première protection mobile lorsque la baie vitrée b appartient au pourcentage «partGPM» des baies du groupe (0 – ouverte, 1 – fermée)	-
	$Rprot1_{1-part\ GPM,b}$	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	-	0	1	-

	mobiles en place, pour le calcul de Cep				
$Sw3_{sp-c,b}$	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 Tic	-	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 Tic	-	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 Tic	-	0	1	-
$Tli_{sp,b}$	Facteur de transmission lumineuse global de la baie vitrée b sans protections mobiles en place ($=Tlid_{sp,b}$)	-	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 Tic	-	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 Tic	-	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 Tic	-	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_BCE}	Matrice des facteurs de transmission lumineuse pour les stores vénitiens dans le cas général	-	-	-	-
$M_{suntracking_Sw_BC}$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-BC si la gestion est suntracking	-	-	-	-
$M_{suntracking_Sw_E}$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-E 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 »				
$M_{fixe_S_w_E}$	Matrice des facteurs solaires pour les stores vénitiens, pour les règles Th-E 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 Tic	-	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 Tic	-	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 Tic	-	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 Tic	-	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}	-	0	1	-

	donnée, pour le calcul de Tic				
$Sw2_{ap_ref-e,b}(\alpha_{SV})$	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 Tic	-	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 Tic	-	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 Tic	-	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 Tic	-	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	-	0	1	0.1

direct transmis sous forme diffuse de la baie vitrée
b avec la seconde protection mobile en place

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A_b	Surface de la baie vitrée <i>b</i>	m ²	0	$+\infty$	-
$\alpha_{,b}$	Orientation de la baie d'indice <i>b</i> , 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 <i>b</i> (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.
$R_{prot,b}$	Ratio de protection de la baie vitrée <i>b</i>	-	0	1	-
$U_{sp,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée <i>b</i> sans protections mobiles en place	W/m ² K	0	$+\infty$	-
$U_{ap,b}$	Coefficient de transmission thermique de la baie vitrée <i>b</i> avec première protection mobile en place	W/m ² K	0	$+\infty$	-
$SW_{sp-c,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée <i>b</i> sans protections mobiles en place pour le calcul du Cep	-	0	1	-
$SW_{sp-e,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée <i>b</i> sans protections mobiles en place pour le calcul du Tic	-	0	1	-
$SW_{ap-c,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place pour le calcul du Cep	-	0	1	-
$SW_{ap-e,b}$	Facteur solaire global de la baie vitrée <i>b</i> avec première protection mobile en place pour le calcul du Tic	-	0	1	-
$TId_{sp,b}$	Facteur de transmission lumineuse global de la baie vitrée <i>b</i> sans protections mobiles en place (=Tli _{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	-	0	1	-

	vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep				
<i>Sw1_{ap_dif-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw1_{ap_ref-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw1_{ap_dir-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw1_{ap_dif-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw1_{ap_ref-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw2_{ap_dir-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw2_{ap_dif-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw2_{ap_ref-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw2_{ap_dir-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw2_{ap_dif-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw2_{ap_ref-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw3_{ap_dir-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw3_{ap_dif-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident diffus, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw3_{ap_ref-c,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident réfléchi, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Cep	-	0	1	-
<i>Sw3_{ap_dir-e,b}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident direct, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée <i>b</i> avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic	-	0	1	-
<i>Sw3_{ap_dif-}</i>	Facteur solaire du rayonnement incident diffus,	-	0	1	-

e, b	composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie vitrée b avec protection mobile en place, pour le calcul de Tic				
$Sw3_{ap_ref, e, b}$	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 Tic	-	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 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, l'indice n fait référence au type de la baie, il prend la valeur 0, 1 ou 2.	lumen
$Flt_{2, b(n)}$	Flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme diffuse l'indice n fait référence au type	lumen

de la baie, il prend la valeur 0, 1 ou 2.

$Flt_{3,b(n)}$ 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.

$Aouvmax,b$ Surface d'ouverture maximale de la baie b lumen m^2

$\alpha_{,b}$ 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).

lumen
 m^2

°

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
$Rouvmax_b$	Ratio d'ouverture maximale de la baie vitrée b sur la surface totale en tableau	-	0	1	
$f_{if,b}$	Facteur de perte solaire de la baie vitrée b	-	0	1	0

Tableau 38 : Nomenclature des différentes variables du modèle de baie vitrée

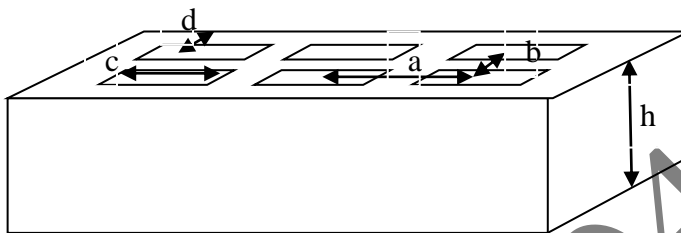
Si $\beta_b=0$ alors la baie est horizontale sinon c'est autre

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 :

$$I_{sr,b}^* = Drp_{,b}^* + Dfp_{,b}^* + Rrp_{,b}^* \quad (205)$$

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

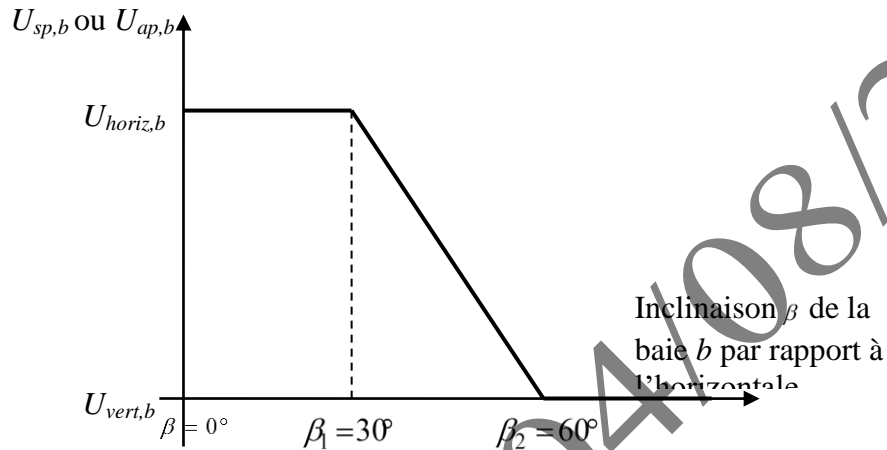


Figure 65 : Evolution du coefficient de transmission thermique de la baie en fonction de son inclinaison

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

$$U_{sp,b}(\beta) = \frac{U_{sp,vert,b} - U_{sp,horiz,b}}{\beta_2 - \beta_1} \cdot \beta + \frac{\beta_2 \cdot U_{sp,horiz,b} - \beta_1 \cdot U_{sp,vert,b}}{\beta_2 - \beta_1} \quad (206)$$

- 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

$$U_{ap,b}(\beta) = \frac{U_{ap,vert,b} - U_{ap,horiz,b}}{\beta_2 - \beta_1} \cdot \beta + \frac{\beta_2 \cdot U_{ap,horiz,b} - \beta_1 \cdot U_{ap,vert,b}}{\beta_2 - \beta_1} \quad (207)$$

- 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 ($type-PM=0$)

$$R_{prot1_{partGPM,b}} = R_{prot1_{1-partGPM,b}} = 0 \quad (208)$$

- 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 $type-GPM-sv=2$

$$H_{ges,b} = A_b \cdot b_{therm,b} \cdot ((1 - R_{prot,b}) \cdot U_{sp,b} + (R_{prot,b}) \cdot U_{ap,b}) \quad (209)$$

- 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 $type-GPM-sv=3$,

$$- \text{si } 0 \leq R_{prot1_{1-partGPM,b}} < 1 \quad (210)$$

$$H_{ges,b} = A_b \cdot b_{therm,b} \cdot \left[\frac{part_{GPM} \cdot (R_{prot1_{partGPM,b}} \cdot U_{ap,b} + (1 - R_{prot1_{partGPM,b}}) \cdot U_{sp,b}) + (1 - part_{GPM}) \cdot U_{sp,b}}{(1 - part_{GPM}) \cdot U_{sp,b}} \right]$$

- si $R_{prot1_{1-partGPM,b}} = 1$,

$$H_{ges,b} = A_b \cdot b_{therm,b} \cdot \left[\frac{part_{GPM} \cdot (R_{prot1_{partGPM,b}} \cdot U_{ap,b} + (1 - R_{prot1_{partGPM,b}}) \cdot U_{sp,b})}{(1 - part_{GPM}) \cdot U_{ap,b}} \right]$$

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 39 : 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 40 : 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 41 : Facteurs de transmission lumineuse pour Th-BCDE

Ces paramètres sont utilisés aux paragraphes 5.10.3.7 et 5.10.3.8

Version du 04/08/20

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°			60°			75°			Sw_ap_diff,b			Sw_ap_ref,b		
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 2020 (matrice M_suntracking_Sw_BC)

Sun tracking		M_suntracking_Sw_E																							
		Sw_ap_dir,b																							
hauteur du soleil		0°			15°			30°			45°			60°			75°			Sw_ap_diff,b			Sw_ap_ref,b		
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-D (matrice M_suntracking_Sw_D)

Sun tracking		M_suntracking_TI_BCE														TId_ap_ref,b	
		TId_ap_dir,b															
hauteur du soleil		0°		15°		30°		45°		60°		75°					
composantes du TI		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	I 90																
	75																
	60																
	45																
	30																
	15																
	- 0																
	-15																
	-30																
	-45																
	-60																
	-75																
	I -90																

Facteurs de transmission lumineuse pour Th-BC et pour Th-E (matrice M_suntracking_TI_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	| 90																									
	| 75																									
	| 60																									
	| 45																									
	| 30																									
	| 15																									
	| 0																									
	| -15																									
	| -30																									
	| -45																									
	| -60																									
	| -75																									
| -90																										

Facteurs solaires pour Th-BC 2020 (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	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 2020 (matrice M_fixe_Sw_D)

Position fixe		M_fixe_TI_BCE																										
		Tli_ap_dir,b / Tlid_ap_dir,b														Tlid_ap_ref,b / Tlid_ap_ref,b												
hauteur du soleil γ'		0°		15°		30°		45°		60°		75°																
composantes du TI		Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tli_ap_dir	Tlid_ap_dir	Tlid_ap_diff,b		Tlid_ap_r		Tlid_ap_ref		Tlid_ap_ref						
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-E (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 $\alpha_{SV} = 90^\circ - \gamma'$

(211)

- 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.

$$Sw1_{ap_dir-e,b}, Sw1_{ap_dif-e,b}, Sw1_{ap_ref-e,b} \quad (212)$$

$$Sw2_{ap_dir-e,b}, Sw2_{ap_dif-e,b}, Sw2_{ap_ref-e,b}$$

$$Sw3_{ap_dir-e,b}, Sw3_{ap_dif-e,b}, Sw3_{ap_ref-e,b}$$

$$Tli_{ap_dir,b}, Tld_{ap_dif,b}, Tld_{ap_ref,b}, Tlid_{ap_dir,b}, Tlid_{ap_ref,b}$$

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

$$\begin{aligned}
 Sw1_{ap_dir-c,b} &= Sw1_{ap_dif-c,b} = Sw1_{ap_ref-c,b} = Sw1_{ap-c,b} \\
 Sw2_{ap_dir-c,b} &= Sw2_{ap_dif-c,b} = Sw2_{ap_ref-c,b} = Sw2_{ap-c,b} \\
 Sw3_{ap_dir-c,b} &= Sw3_{ap_dif-c,b} = Sw3_{ap_ref-c,b} = Sw3_{ap-c,b} \\
 Sw1_{ap_dir-e,b} &= Sw1_{ap_dif-e,b} = Sw1_{ap_ref-e,b} = Sw1_{ap-e,b} \\
 Sw2_{ap_dir-e,b} &= Sw2_{ap_dif-e,b} = Sw2_{ap_ref-e,b} = Sw2_{ap-e,b} \\
 Sw3_{ap_dir-e,b} &= Sw3_{ap_dif-e,b} = Sw3_{ap_ref-e,b} = Sw3_{ap-e,b} \\
 Tli_{ap_dir,b} &= Tld_{ap_dif,b} = Tld_{ap_ref,b} = Tli_{ap,b} \\
 Tlid_{ap_dir,b} &= Tlid_{ap_ref,b} = Tlid_{ap,b}
 \end{aligned} \tag{213}$$

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-E.

$$\begin{aligned}
 Sw_{sp-c,b} &= Sw_{sp-e,b} - 0,1 \\
 (\text{où } Sw_{sp-c,b} &= Sw1_{sp-c,b} + Sw2_{sp-c,b} + Sw3_{sp-c,b} \\
 \text{et } Sw_{sp-e,b} &= Sw1_{sp-e,b} + Sw2_{sp-e,b} + Sw3_{sp-e,b})
 \end{aligned} \tag{214}$$

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-E.

$$\begin{aligned}
 Sw_{ap-c,b} &= Sw_{ap-e,b} \\
 (\text{où } Sw_{ap-c,b} &= Sw1_{ap-c,b} + Sw2_{ap-c,b} + Sw3_{ap-c,b} \\
 \text{et } Sw_{ap-e,b} &= Sw1_{ap-e,b} + Sw2_{ap-e,b} + Sw3_{ap-e,b})
 \end{aligned} \tag{215}$$

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.

$$Sw1_{ap_dir,b} = Sw1_{ap_dif,b} = Sw1_{ap_ref,b} \tag{216}$$

$$Sw2_{ap_dir,b} = Sw2_{ap_dif,b} = Sw2_{ap_ref,b}$$

$$Sw3_{ap_dir,b} = Sw3_{ap_dif,b} = Sw3_{ap_ref,b}$$

$$Tli_{ap_dir,b} = Tld_{ap_dif,b} = Tld_{ap_ref,b}$$

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

$$\begin{aligned} Tlid_{sp,b} &= 0 \\ Tlid_{ap_dir,b} &= Tlid_{ap_ref,b} = 0 \end{aligned} \quad (217)$$

Version du 04/08/20

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 :

$$FS_{1,b} = A_b \cdot b_{solaire,b} \cdot (1 - f_{lf,b}) \times \left[(1 - R_{prot,b}) \cdot Sw1_{sp,b} \cdot I_{sr,b}^* + R_{prot,b} \cdot \begin{pmatrix} Sw1_{ap,dir,b} \cdot Drp^*,b+ \\ Sw1_{ap,dif,b} \cdot Dfp^*,b+ \\ Sw1_{ap,ref,b} \cdot Rrp^*,b \end{pmatrix} \right] \quad (218)$$

$F_{lf,b}$ 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 :

$$FS_{2,b} = A_b \cdot b_{solaire,b} \cdot \left[(1 - R_{prot,b}) \cdot Sw2_{sp,b} \cdot I_{sr,b}^* + R_{prot,b} \cdot \begin{pmatrix} Sw2_{ap,dir,b} \cdot Drp^*,b+ \\ Sw2_{ap,dif,b} \cdot Dfp^*,b+ \\ Sw2_{ap,ref,b} \cdot Rrp^*,b \end{pmatrix} \right] \quad (219)$$

- 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) :

$$FS_{3,b} = A_b \cdot b_{solaire,b} \cdot \left[(1 - R_{prot,b}) \cdot Sw3_{sp,b} \cdot I_{sr,b}^* + R_{prot,b} \cdot \begin{pmatrix} Sw3_{ap,dir,b} \cdot Drp^*,b+ \\ Sw3_{ap,dif,b} \cdot Dfp^*,b+ \\ Sw3_{ap,ref,b} \cdot Rrp^*,b \end{pmatrix} \right] \quad (220)$$

- Flux de chaleur transmis au groupe à travers la baie vitrée b, dû au rayonnement froid vers la voute céleste :

Si $Id_{ET}=0$

$$F_{tvc,b} = A_b \cdot \left((1 - R_{prot,b}) \cdot \frac{U_{sp,b}}{h_e} + R_{prot,b} \cdot \frac{U_{ap,b}}{h_e} \right) \cdot Q_{er}^* \quad (221)$$

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,

$$\begin{aligned} Sw1_{sp,b} = Sw1_{sp-c,b} \quad & \begin{aligned} Sw1_{ap_dir,b} &= Sw1_{ap_dir-c,b} \\ Sw1_{ap_dif,b} &= Sw1_{ap_dif-c,b} \\ Sw1_{ap_ref,b} &= Sw1_{ap_ref-c,b} \end{aligned} \\ Sw2_{sp,b} = Sw2_{sp-c,b} \quad & \begin{aligned} Sw2_{ap_dir,b} &= Sw2_{ap_dir-c,b} \\ Sw2_{ap_dif,b} &= Sw2_{ap_dif-c,b} \\ Sw2_{ap_ref,b} &= Sw2_{ap_ref-c,b} \end{aligned} \\ Sw3_{sp,b} = Sw3_{sp-c,b} \quad & \begin{aligned} Sw3_{ap_dir,b} &= Sw3_{ap_dir-c,b} \\ Sw3_{ap_dif,b} &= Sw3_{ap_dif-c,b} \\ Sw3_{ap_ref,b} &= Sw3_{ap_ref-c,b} \end{aligned} \end{aligned} \quad (222)$$

- dans Th-D,

$$\begin{aligned} Sw1_{sp,b} = Sw1_{sp-e,b} \quad & \begin{aligned} Sw1_{ap_dir,b} &= Sw1_{ap_dir-e,b} \\ Sw1_{ap_dif,b} &= Sw1_{ap_dif-e,b} \\ Sw1_{ap_ref,b} &= Sw1_{ap_ref-e,b} \end{aligned} \\ Sw2_{sp,b} = Sw2_{sp-e,b} \quad & \begin{aligned} Sw2_{ap_dir,b} &= Sw2_{ap_dir-e,b} \\ Sw2_{ap_dif,b} &= Sw2_{ap_dif-e,b} \\ Sw2_{ap_ref,b} &= Sw2_{ap_ref-e,b} \end{aligned} \\ Sw3_{sp,b} = Sw3_{sp-e,b} \quad & \begin{aligned} Sw3_{ap_dir,b} &= Sw3_{ap_dir-e,b} \\ Sw3_{ap_dif,b} &= Sw3_{ap_dif-e,b} \\ Sw3_{ap_ref,b} &= Sw3_{ap_ref-e,b} \end{aligned} \end{aligned} \quad (223)$$

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 :

$$Tli_{sp,b} = Tlii_{sp,b} + Tlid_{sp,b} \quad (224)$$

Taux de transmission du flux incident diffus arrivant sur la partie de la baie vitrée sans protection mobile :

$$Tld_{sp,b} = Tlii_{sp,b} \quad (225)$$

Taux de transmission du flux incident direct sur la partie de la baie vitrée avec protection mobile :

$$Tli_{ap_dir,b} = Tlii_{ap_dir,b} + Tlid_{ap_dir,b} \quad (226)$$

Taux de transmission du flux incident diffus sur la partie de la baie vitrée avec protection mobile :

$$Tld_{ap_dir,b} \quad (227)$$

Taux de transmission du flux incident réfléchi sur la partie de la baie vitrée avec protection mobile (sous forme directe et sous forme diffuse) :

$$Tld_{ap_ref,b} = Tlii_{ap_ref,b} + Tlid_{ap_ref,b} \quad (228)$$

Taux de transmission du flux incident direct sur la partie de la baie vitrée avec la seconde protection mobile :

$$Tli_{2,b} = Tlii_{2,b} + Tlid_{2,b} \quad (229)$$

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)

$$Flt1_{,b(Type_baie)} = A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot [R_{prot,b} \cdot Tlii_{ap_dir,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlii_{sp,b}] \cdot Erp * \quad (230)$$

2. $Flt2_{,b Type_Baie)}$: flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme diffuse

$$Flt2_{,b(type_baie)} = A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \left[\begin{aligned} &[R_{prot,b} \cdot Tlid_{ap_dir,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlid_{sp,b}] \cdot Erp * \\ &+ [R_{prot,b} \cdot Tld_{ap_dif,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tld_{sp,b}] \cdot Efp * \\ &+ [R_{prot,b} \cdot Tlid_{ap_ref,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlid_{sp,b}] \cdot ERrp * \end{aligned} \right] \quad (231)$$

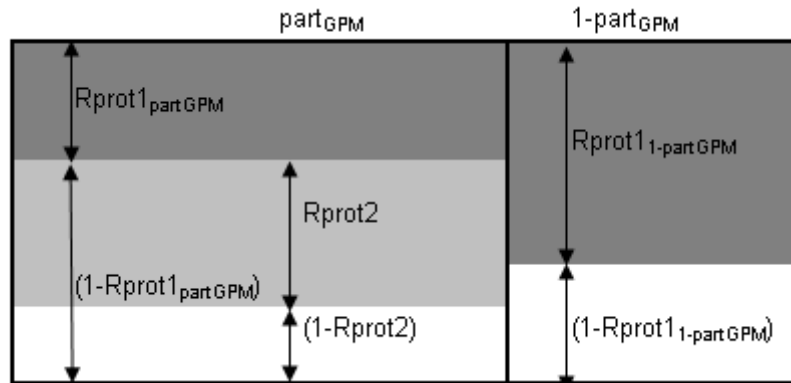
(avec $Tlid_{sp,b}$ nul si on fait l'hypothèse que la baie n'est pas diffusante)

3. $Flt3_{,b Type_Baie)}$: flux lumineux transmis au groupe par la baie vitrée b sous forme réfléchie (en provenance du sol et en direction du plafond, hors composante due au flux diffusé par la protection)

$$Flt3_{,b(type_baie)} = A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot [R_{prot,b} \cdot Tlii_{ap_ref,b} + (1 - R_{prot,b}) \cdot Tlii_{sp,b}] \cdot ERrp * \quad (232)$$

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 2020 : 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.

$$\begin{aligned} Tli_{2,b} &= 0.1 \\ Tlid_{2,b} &= 0.1 \end{aligned} \quad (233)$$

Les flux lumineux transmis s'écrivent alors

$$\begin{aligned} Flt_{1,b,(type_Baie)} &= A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlii_{ap_dir,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlii_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlii_{sp,b} \end{aligned} \right] \cdot Erp^* \end{aligned} \quad (234)$$

$$\begin{aligned} Flt_{2,b,Type_baie} &= A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlid_{ap_dir,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlid_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlid_{sp,b} \end{aligned} \right] \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlid_{ap_dif,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlii_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlid_{sp,b} \end{aligned} \right] \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlid_{ap_ref,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlid_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlid_{sp,b} \end{aligned} \right] \end{aligned} \quad (235)$$

$$\begin{aligned} Flt_{3,b,Type_baie} &= A_b \cdot b_{ecl,b} \cdot \\ &\left[\begin{aligned} &[part_{GPM} \cdot Rprot1_{partGPM} + (1-part_{GPM}) \cdot Rprot1_{1-partGPM}] \cdot Tlii_{ap_ref,b} \\ &+ [part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot Rprot2_{,b}] \cdot Tlii_{2,b} \\ &+ [(1-part_{GPM}) \cdot (1 - Rprot1_{1-partGPM}) + part_{GPM} \cdot (1 - Rprot1_{partGPM}) \cdot (1 - Rprot2_{,b})] \cdot Tlii_{s_i} \end{aligned} \right] \cdot ERp^* \end{aligned} \quad (236)$$

5.10.3.9 Calcul de la surface effective d'ouverture de la baie

La surface effective d'ouverture s'exprime sous la forme

$$A_{ouvmax,b} = A_b \cdot R_{ouvmax,b} \quad (237)$$

5.11 **FA Classement au bruit d'une baie**

5.11.1 INTRODUCTION

Cette fiche d'application précise la démarche de caractérisation du classement au bruit d'une baie d'un bâtiment. Il est à noter que cette fiche concerne les bâtiments neufs soumis à la RE2020.

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 (articles R. 147-10 du code de l'urbanisme).

La détermination du classement BR s'effectue baie par baie en appliquant l'annexe 2 de l'arrêté RT2012 en fonction de la distance "d" entre la façade étudiée et l'infrastructure et de la 'vue d'une infrastructure depuis une baie'.

Note : attention, la définition des obstacles diffère de celle utilisée pour la RT existante.

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 selon la RE2020 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.

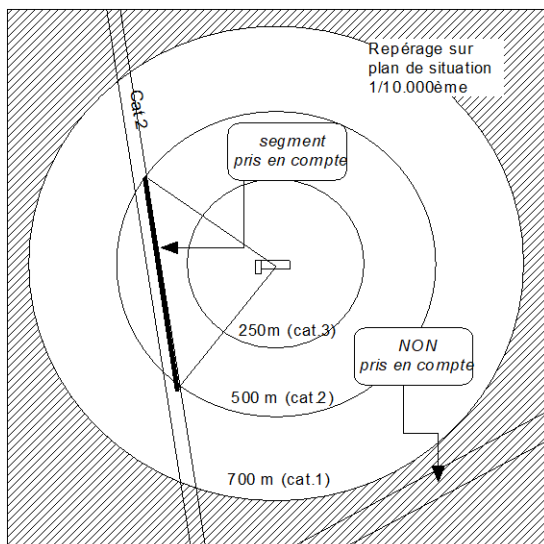
La classe d'exposition BR2 correspond à des niveaux d'exposition plus faibles, spécifiques aux règles thermiques, qui ne nécessitent pas le renforcement de l'isolement acoustique mais qui conduisent pour les chambres à une contrainte thermique d'été liée à l'absence de ventilation nocturne de ce type de local.

La classe d'exposition BR1 correspond à une faible exposition (à l'exception des locaux à occupation passagère)

Note : le certificat d'urbanisme qui pourrait être délivré au propriétaire du terrain qui en fait la demande informe sur l'existence d'une contrainte d'isolement acoustique au sens de la loi sur le bruit sur une partie au moins du terrain, mais ne préjuge pas de l'existence d'une contrainte thermique d'été indirectement due au bruit d'une infrastructure de transport.

5.11.3 ETAPE 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 information est disponible en mairie ou en DDT. 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 PEB

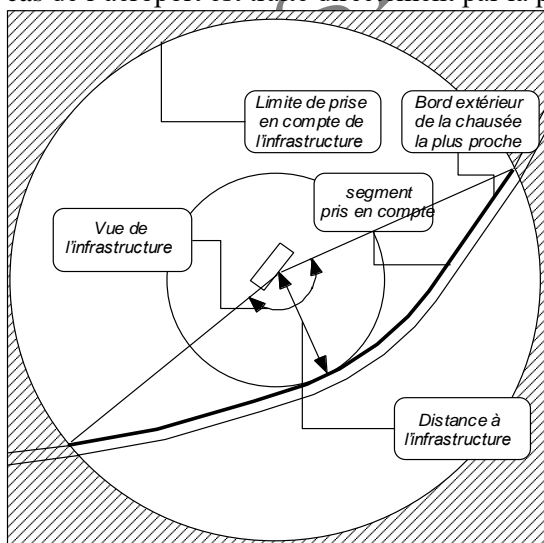
5.11.3.1 Détermination du classement BR des baies d'un bâtiment situé dans les zones A, B, C ou D d'un aérodrome :

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 ETAPE 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)**.

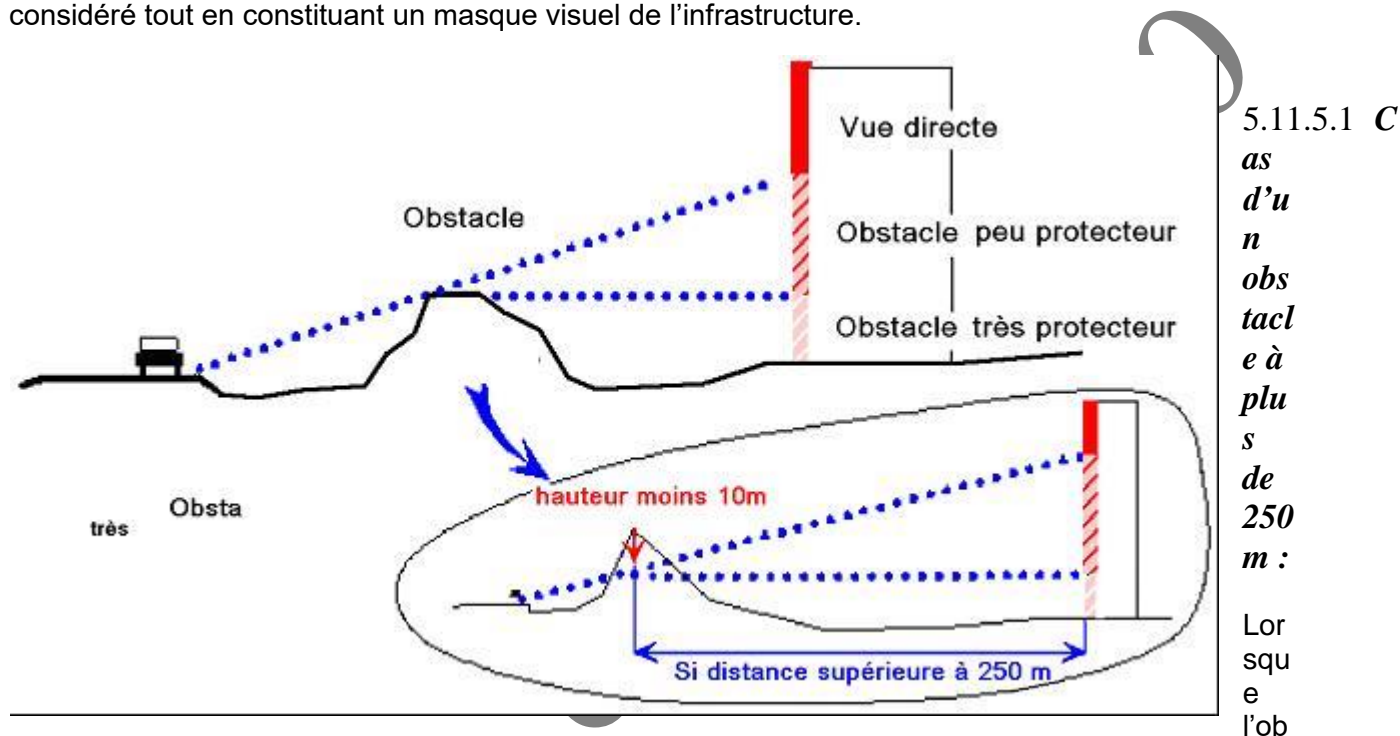
L'approche s'effectue globalement par façade. Dans les cas courants, une simple appréciation d'une baie courante en façade permet de savoir si toutes les baies de la façade considérée sont dans les mêmes conditions de distance et de vue de l'infrastructure.

5.11.5 ETAPE 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.



stacle 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 ETAPE 4 : DETERMINATION DE LA VUE DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE DEPUIS UNE BAIE

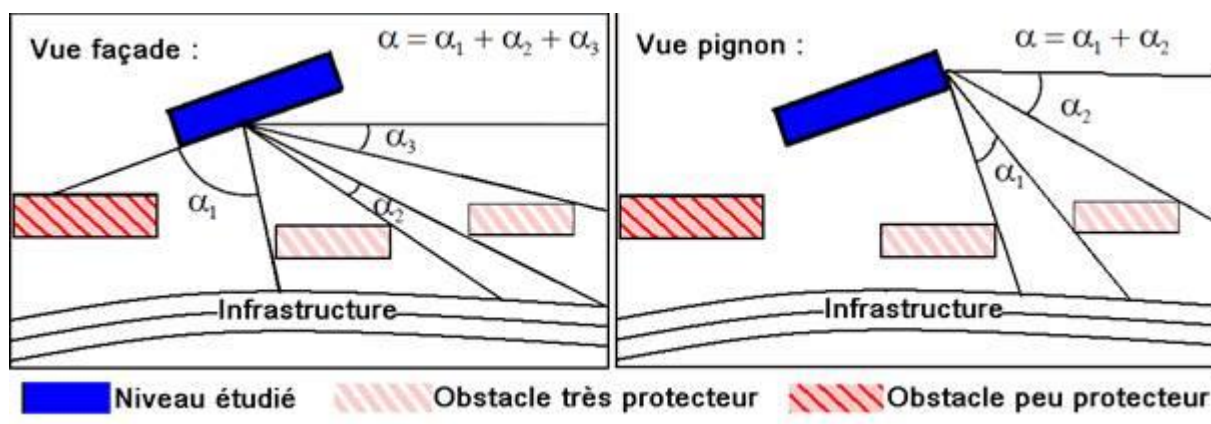
La détermination de la vue de l'infrastructure depuis la baie se fait à partir de la vue en plan de l'infrastructure après avoir déduit les éventuels obstacles à la propagation du bruit (obstacles très protecteurs, obstacles peu protecteurs)

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

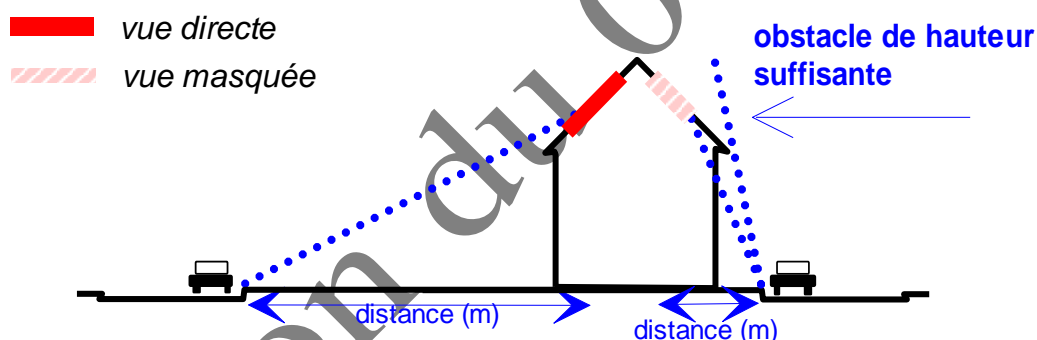
Une **vue arrière** s'entend pour la façade arrière du bâtiment par rapport à l'infrastructure.



CAS PARTICULIER : CLASSEMENT AU BRUIT D'UNE BAIE INCLINEE (*):

(*) 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 des locaux à occupation passagère :

Il n'est pas nécessaire de déterminer le BR car les valeurs des facteurs solaires de référence dépendent uniquement de l'inclinaison de la baie (annexe XI).

5.11.6.2 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 50 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			
$Taux_{passage_air_P_{Mr}}$		Taux de passage de l'air à travers la protection mobile mise en place	%	0	100	
Constantes						
Nom		Description	Unité	Conv		

Tableau 42 : 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 43 : typologie des Protections Mobiles selon leur taux de passage d'air

Typologie des PM (Typo_PM)	Taux _{passage_air_PM} (%)
0 - Volets ajourés (surface ajourée<10% de la surface totale) et sans possibilité d'ouverture intermédiaire Valeur par défaut	0 %
1 – Volets roulants	10 %
2- Protections mobiles à lames orientables (lames verticales) - Store enroulable (intérieur ou extérieur) - Volets ajourés (surface ajourée>10% de la surface totale)	25%
3- Volets avec persiennes fixes	50%
4- Protections mobiles à lames orientables (lames non verticales) - Stores à bandes verticales - Volets avec possibilité d'ouverture intermédiaire (projection, etc.)	75%
5- Pas de protections mobiles (Type_PM_GPM=0)	100%

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 :

$$A_{ouvmax_ac_PM}^b(h) = A_{ouvmax}^b * (R_{prot,b}(h) * Taux_{passage_air_PM}^b + (1 - R_{prot,b}(h))) \quad (238)$$

Par construction, $A_{ouvmax_ac_PM}^b(h) \leq A_{ouvmax}^b$.

Le nouveau schéma de principe de l'assemblage baies est le suivant :

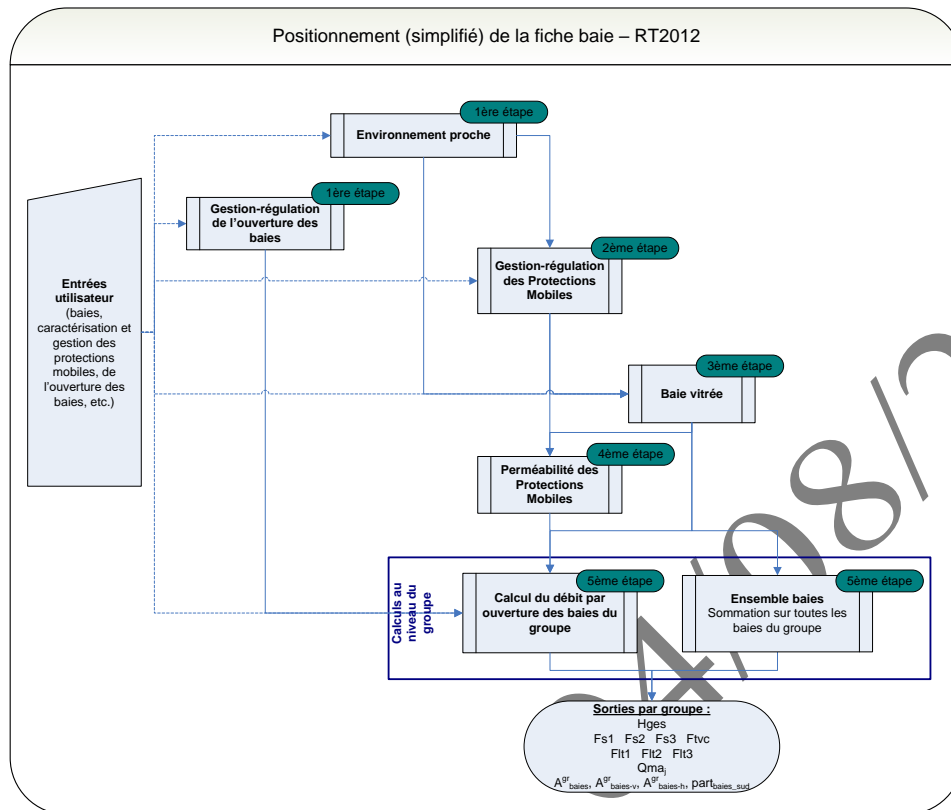


Figure 66 : disposition des composants de l'assemblage baies

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 ($H_{g,es}$), 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}).
- Les débits par ouverture des baies n'interviennent pas dans les calculs de pressions d'équilibre du groupe.

5.13.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 44** 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	$h_{lég}(h)$	Heure légale au pas de temps h .	h
	$\square_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur, au temps h .	°C
	$V_{vent_c}(h)$	Vitesse du vent au pas de temps h .	h
Zone	$i_{hebergement}$	Indicateur d'usage résidentiel ou hébergement. <i>0 : usage non-résidentiel et non-hébergement.</i> <i>1 : usage résidentiel ou hébergement.</i>	Bool
	$P_{fr_s}(h)$	Indicateur de consigne de refroidissement (confort, réduit de moins de 48h, réduit de plus de 48 heures) par jour/heure	Entier
	$i_{occ_zone}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h : vrai : zone en occupation faux : zone en inoccupation	Entier
	$i_{occ_zone}(h-1)$	Indicateur d'occupation au temps $h-1$.	Entier
	θ_{iifr_+}	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
	$\square_{i,fin}(h-1)$	Température intérieure de l'air du groupe considéré, au pas de temps $h-1$.	°C
Groupe	$\square_{op,fin}(h-1)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps $h-1$.	°C
	$\square_{op,fin}(h-2)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps $h-2$.	°C
	$\Delta\theta_{conf_adapt}(h)$	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
	$q_{m,aeration}^{gr,s}(h)$	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 $\square_{ext}(h)$.	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 : 0 : Non-ouvrable 1 : Ouvrable	Entier	0	1	
$Has_Gestion_Auto_Ouverture$	Indicateur précisant si la baie est équipée d'une gestion automatique de l'ouverture : 0 : Pas de régulation automatique 1 : Régulation automatique avec possibilité de dérogation 2 : Régulation automatique sans possibilité de dérogation	Entier	0	1	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	
Baie $expo_BR$	Niveau d'exposition au bruit de la baie : 1 : BR1 2 : BR2 3 : BR3	Entier	1	3	
$Is_grandvolume$	Précise si le groupe est constitué majoritairement de locaux de grands volumes (pour la définition du Httf) : 0 : Non 1 : Oui	-	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	
\square_{trav_surv}	Booléen traduisant le caractère traversant du groupe, au sens de la surventilation par ouverture des baies : 1 = traversant 0 = non-traversant	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			
$Rouv_{\square op_man}(h)$	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			
$Rouv_{\square op_auto}(h)$					
$Mod_ext_man(h)$	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	-
$\square_{ouv1}(h)$ $\square_{ouv2}(h)$ $\square_{fer1}(h)$ $\square_{fer2}(h)$	Températures de consigne de la gestion en fonction de la température opérative	°C	0	+	-
$Rouv_corrige^b(h)$	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			
$\square_{ext}(h)$	Masse volumique de l'air extérieur entrant dans le groupe.	kg/m ³			
\square_{ref}	Angle d'orientation de référence de l'algorithme.	°			
\square_{haut}	Angle d'orientation supérieur de l'algorithme.	°			
\square_{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
	$\Delta \square_{ext_int}$	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	+□
	$\square_{ei_seuil_bas}$	Températures extérieures seuils pour la modération de l'ouverture des baies.	°C	0	+□ 10
	$\square_{ei_seuil_haut}$				
Constantes physiques	\square_{ref}	Masse volumique de référence	kg/m ³		1.2
	\square_{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/(°C.s ²)		0.003 5
	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 44 : 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 ($\text{Est_Ouvrable} = 1$: Oui).

Chaque baie ouvrable est pilotée selon un mode de gestion :

- Soit **manuel** ($\text{Has_Gestion_Auto_Ouverture} = 0$) : 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** ($\text{Has_Gestion_Auto_Ouverture} = 1$) : 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 $R_{ouv}(h)$ est le produit de plusieurs composantes :

$$R_{ouv}(h) = i_{occ}(h) \cdot P_{occ} \cdot C_{pr}(h) \cdot Mod_ext_man(h) \cdot R_{ouv_thop_man}(h) \quad (239)$$

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,
- $C_{pr}(h)$ 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,
- $R_{ouv_thop_man}(h)$ 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 :

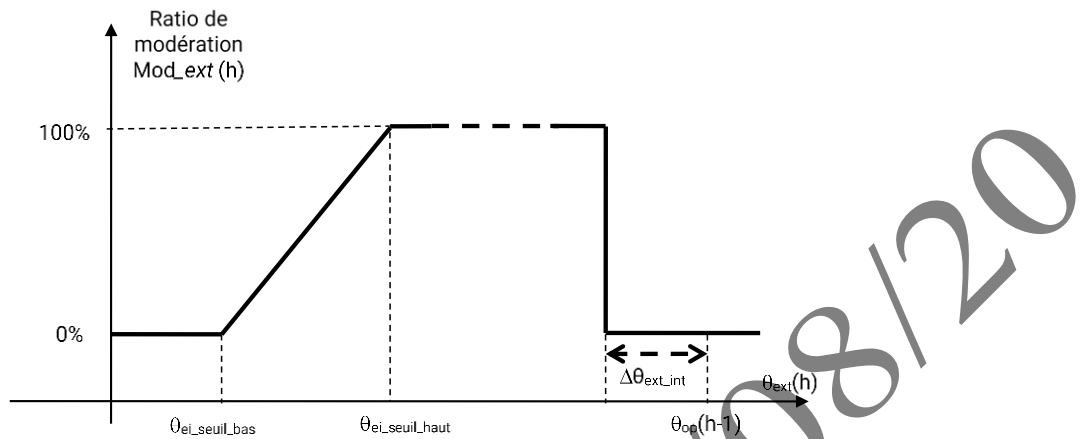


Figure 67: ratio de modération de l'ouverture en fonction de la température extérieure

En gestion manuelle, les valeurs de $\theta_{ei_seuil_bas}$, $\theta_{ei_seuil_haut}$ et $\Delta\theta_{ext_int}$ sont fixées conventionnellement comme suit :

$$\begin{aligned}\theta_{ei_seuil_bas} &= 10^{\circ}\text{C} \\ \theta_{ei_seuil_haut} &= 18^{\circ}\text{C} \\ \Delta\theta_{ext_int} &= -3^{\circ}\text{C}\end{aligned}\tag{240}$$

Un $\Delta\theta_{ext_int}$ 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 : $h_{lég}$ de 7h à 21h	Nuit : $h_{lég}$ de 22h à 6h	Journée : $h_{lég}$ de 7h à 21h	Nuit : $h_{lég}$ de 22h à 6h
BR1	1	1	0,3	
BR2 et BR3	0,7	0,3		

Tableau 45: Valeurs de $\text{Cpr}(h)$ en période d'occupation

Dépendance à la température intérieure opérative : $Rouv_thop_man(h)$

En occupation ($i_occ(h) = 1$) et en période journée ($hleg(h) > 7h$ et $hleg(h) < 23h$), on fait l'hypothèse que les occupants gèrent l'ouverture des baies selon le profil à hystérésis suivant :

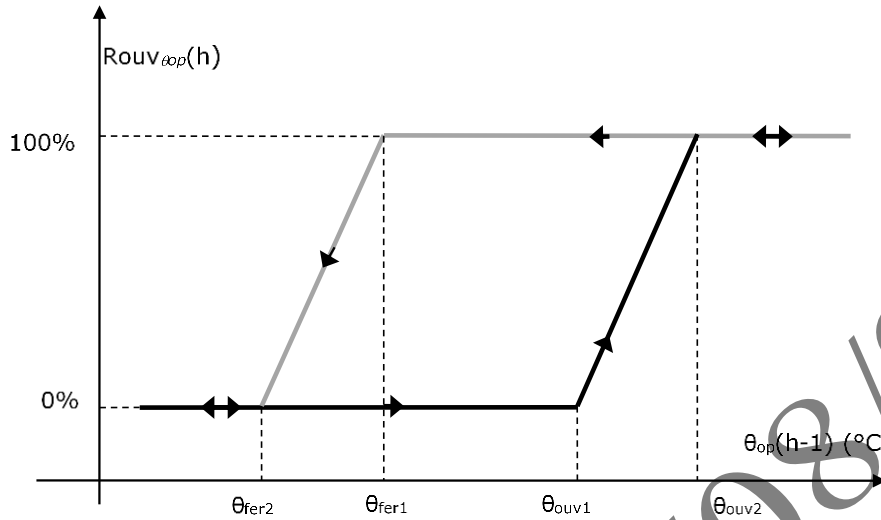


Figure 2 : Ratio d'ouverture $Rouv_thop(h)$ en fonction de la température opérative intérieure au pas de temps précédent

Les valeurs de seuils de confort sont fixées à chaque pas de temps selon les relations suivantes :
Hors saison de chauffage (*Saison \neq chauffage sans refroidissement*) :

$$\begin{aligned}\theta_{ouv2}(h) &= \theta_{iifr_+} + \Delta\theta_{conf_adapt}(h) - 1^{\circ}\text{C} \\ \theta_{ouv1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer2}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 3^{\circ}\text{C}\end{aligned}\quad (241)$$

Saison = chauffage sans refroidissement) :

$$\begin{aligned}\theta_{ouv2}(h) &= \theta_{iifr_+} + \Delta\theta_{conf_adapt}(h) + 1^{\circ}\text{C} \\ \theta_{ouv1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer1}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 2^{\circ}\text{C} \\ \theta_{fer2}(h) &= \theta_{ouv2}(h) - 3^{\circ}\text{C}\end{aligned}\quad (242)$$

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 *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 $\square_{ouv2}(h)$ 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 $\Delta \square_{\text{ext_int}}$ intervenant dans le calcul de $\text{Mod_ext}(h)$ 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 $\text{Mod_ext_auto}(h)$ et $\text{Rouv_}\theta_{\text{op_auto}}(h)$ sont alors définis.

Le ratio d'ouverture global $\text{Rouv}(h)$ intègre alors la part dérogée et non dérogée de la gestion automatique :

$$\text{Rouv}(h) = \left(1 - P_{\text{auto_nonderog}}\right) \cdot i_{\text{occ}}(h) \cdot P_{\text{occ}} \cdot C_{\text{pr}}(h) \cdot \text{Mod}_{\text{ext_man}}(h) \cdot \text{Rouv}_{\theta_{\text{op_man}}}(h) + \left(P_{\text{auto_nonderog}}\right) \cdot \text{Mod}_{\text{ext_auto}}(h) \cdot \text{Rouv}_{\theta_{\text{op_auto}}}(h) \quad (243)$$

Avec $P_{\text{auto_nonderog}}$, 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 $P_{\text{derog_ouv}}$ 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, $P_{\text{auto_nonderog}}(h)$ est fonction du taux d'occupation effectif des locaux et de la part de baies dont la dérogation est possible.

Au final :

$$\begin{aligned} \text{Si } i_{\text{occ_zone}}(h) = 1 \text{ (en occupation),} \\ P_{\text{auto_nonderog}}(h) = (1 - P_{\text{occ}}) + P_{\text{occ}} \cdot (1 - P_{\text{derog_ouv}}) \\ \text{Sinon,} \\ P_{\text{auto_nonderog}}(h) = 1 \end{aligned} \quad (244)$$

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 46).

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), si au moins la moitié de la surface habitable totale du groupe correspond à des logements traversant au sens du confort d'été. δ_{trav_surv} est pris égal à 0 (non-traversant) dans le cas contraire

N° d'usage	Type d'usage associé	δ_{trav_surv}
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	1
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	Non-conventionnel
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	0
4	Enseignement primaire	0
5	Enseignement secondaire (partie jour)	0
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	0
7	Enseignement - université	0
10	Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	0
11	Hôtel 2* (partie nuit)	0

12	Hôtel 3* (partie nuit)	0
13	Hôtel 4* et 5*(partie nuit)	0
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	0
15	Hôtel 3*, 4* et 5*(partie jour)	0
16	Bureaux	0
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	0
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	0
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	0
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	0
22	Commerce, magasin, zones commerciales	1
24	Etablissement sportif scolaire	1
26	EHPAD	0
27	Hôpital (partie nuit)	0
28	Hôpital (partie jour)	0
29	Transport - aéroport	1
32	Industrie - 3x8h	1
33	Industrie - 8h à 18h	1
34	Tribunal	0
36	Etablissement sportif municipal ou privé	0
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	0
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	0

Tableau 46: 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 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. Dans ces deux cas, l'utilisateur saisit 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 groupe, 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 utilisée. 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 47: 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.

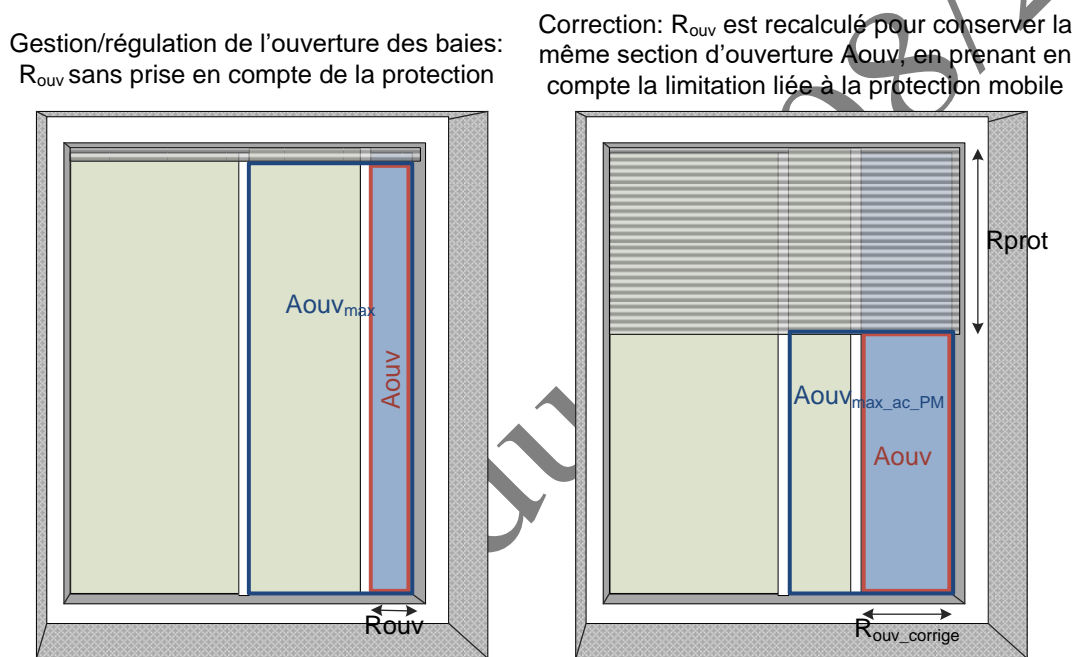


Figure 68: prise en compte de l'interaction entre l'ouverture de la baie et la mise en place d'une protection mobile

$$R_{ouv_corrigé}^b(h) = MIN(1; \frac{R_{ouv}^b(h) \times A_{ouv\ max}^b}{A_{ouv\ max_ac_PM}^b(h)}) \quad (245)$$

Note : si $A_{ouv\ max_ac_PM}^b(h)$ est nul, on retient : $R_{ouv_corrigé}^b(h) = R_{ouv}^b(h)$

Pour chaque baie d'indice b:

$$A_{ouv}^b(h) = R_{ouv_corrigé}^b(h) \times A_{ouv\ max_ac_PM}^b(h) \quad (246)$$

La sommation est ensuite:

$$A_{ouv}(h) = \sum_b A_{ouv}^b(h) \quad (247)$$

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 :

$$Q_{v,surv,ouv}^{gr}(h) = 3600 \cdot \frac{A_{ouv}(h)}{2} \cdot [MAX(C_w \cdot V_{ventc}(h)^2; C_{st} \cdot Httf \cdot |\theta_{ext}(h) - \theta_{i,fin}(h-1)|)]^{0,5} \quad (248)$$

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 :

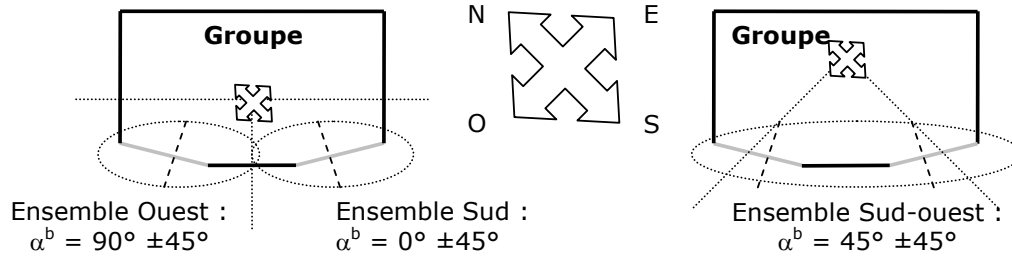
$$S_{ors}(h) = \frac{1}{4} \times \sum_{\substack{n=1 \text{ à } 4 \\ A_{ouv_n}(h) > 0 \\ \beta_n \geq 60^\circ}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{A_{ouv_n}(h)^2} + \frac{1}{(A_{ouv}(h) - A_{ouv_n}(h))^2}}} \right) \quad (249)$$

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,

$$Aouv_n = Aouv_n + Aouv^b$$

(250)

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 :

$$Q_{v,surv,ouv}^{gr}(h) = 3600 \cdot \text{MAX} \left(C_{dgo} \cdot S_{ors}(h) \cdot \text{MIN}(V_{ventc}(h); V_{ventmax}) \cdot dCp^{0,5}; \frac{A_{ouv}(h)}{2} \cdot (C_{st} \cdot H_{ttf} \cdot |\theta_{ext}(h) - \theta_{i,fin}(h-1)|)^{0,5} \right) \quad (251)$$

Où :

- C_{dgo} est le coefficient de décharge associé aux grandes ouvertures, pris conventionnellement égal à 0,6.
- dC_p 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:

$$\rho_{ext}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{ext}(h))} \quad (252)$$

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:

$$Q_{ma}^j(h) = MAX \left(\frac{Q_{v-surv-ouv}^{gr}(h)}{3600} \times \rho_{ext}; \sum_{s \in gr} q_{m-aeration}^{gr,s}(h) \right) \quad (253)$$

Il s'agit d'un débit d'air en provenance de l'extérieur.

5.14 **C 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.

Version du 04/08/20

5.14.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 48 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			
	$Ftvc,b$	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).	°			
Cli mat	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	W			

	longueur d'onde	
F_{s_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
F_{s_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 48 : Nomenclature du modèle

5.14.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

5.14.3.1 Calcul du coefficient de transfert thermique global de l'ensemble des baies du groupe

$$Hg_{es} = \sum_{b \in \text{groupe}} Hg_{es,b} \quad (254)$$

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 :

$$Fs1 = \sum_{b \in \text{groupe}} Fs1,b \quad (255)$$

2. Flux de chaleur transmis par la baie vitrée au groupe sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde et d'échange convectif :

$$Fs2 = \sum_{b \in \text{groupe}} Fs2,b \quad (256)$$

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) :

$$Fs3 = \sum_{b \in \text{groupe}} Fs3,b \quad (257)$$

4. Flux de chaleur transmis au groupe par l'ensemble des baies vitrées du groupe, dû au rayonnement froid vers la voute céleste :

$$Ftvc = \sum_{b \in \text{groupe}} Ftvc,b \quad (258)$$

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)

$$Flt1(0) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie}_l=0}} Flt1,b(0) \quad (259)$$

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'éclairage uniforme des locaux de grand volume du groupe)

$$Flt1(1) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie_l}=0}} Flt1,b(1) \quad (260)$$

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)

$$Flt1(2) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie_l}=0}} Flt1,b(2) \quad (261)$$

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)

$$Flt2(0) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie_l}=0}} Flt2,b(0) \quad (262)$$

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'éclairage uniforme des locaux de grand volume du groupe)

$$Flt2(1) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie_l}=0}} Flt2,b(1) \quad (263)$$

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)

$$Flt2(2) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie_l}=0}} Flt2,b(2) \quad (264)$$

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)

$$Flt3(0) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie_l}=0}} Flt3,b(0) \quad (265)$$

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'éclairage uniforme des locaux de grand volume du groupe)

$$Flt3(1) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie}_l=0}} Flt3,b(1) \quad (266)$$

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)

$$Flt3(2) = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \text{type_baie}_l=0}} Flt3,b(2) \quad (267)$$

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 $-45^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$

$$part_{baies_sud} = \frac{\sum_{\substack{-45^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab}{\sum_{\substack{\alpha \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab} \quad (268)$$

5.14.3.4.2 *Calcul de la surface de baies verticales au Sud*

$$A_{baies-sud}^{gr} = Part_{baies-sud} * A_{baies}^{gr} \quad (269)$$

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 $135^\circ \leq \alpha \leq 225^\circ$

$$part_{baies_nord} = \frac{\sum_{\substack{135^\circ \leq \alpha \leq 225^\circ \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab}{\sum_{\substack{\alpha \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab} \quad (270)$$

5.14.3.4.4 *Calcul de la surface de baies verticales au nord*

$$A_{baies-nord}^{gr} = Part_{baies-nord} * A_{baies}^{gr} \quad (271)$$

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 $45^\circ < \alpha < 135^\circ$

$$part_{baies_ouest} = \frac{\sum_{60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ} \sum_{45^\circ < \alpha < 135^\circ} Ab}{\sum_{60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ} Ab} \quad (272)$$

5.14.3.4.6 Calcul de la surface de baies verticales à l'ouest

$$A_{baies-ouest}^{gr} = Part_{baies-ouest} * A_{baies}^{gr} \quad (273)$$

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 $225^\circ < \alpha < 315^\circ$

$$part_{baies_est} = \frac{\sum_{60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ} \sum_{225^\circ < \alpha < 315^\circ} Ab}{\sum_{60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ} Ab} \quad (274)$$

5.14.3.4.8 Calcul de la surface de baies verticales à l'est

$$A_{baies-est}^{gr} = Part_{baies-est} * A_{baies}^{gr} \quad (275)$$

5.14.3.4.9 Calcul de la surface totale des parois vitrées verticales du groupe

$$A_{baies-v}^{gr} = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ 60^\circ \leq \beta_b \leq 90^\circ}} Ab \quad (276)$$

5.14.3.4.10 Calcul du pourcentage de baies horizontales d'un groupe

On considère qu'une paroi vitrée est horizontale si $\beta = 0^\circ$

$$part_{baies_horiz} = \frac{\sum_{\beta=0^\circ} Ab}{\sum Ab} \quad (277)$$

5.14.3.4.11 Calcul de la surface totale des parois vitrées horizontales du groupe

$$A_{baies-h}^{gr} = \sum_{\substack{b \in \text{groupe} \\ \beta_b < 60^\circ}} Ab \quad (278)$$

5.14.3.4.12 Calcul de la surface totale des parois vitrées du groupe

$$A_{baies}^{gr} = A_{baies-v}^{gr} + A_{baies-h}^{gr} \quad (279)$$

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.

Version du 04/08/20

5.15.2 NOMENCLATURE

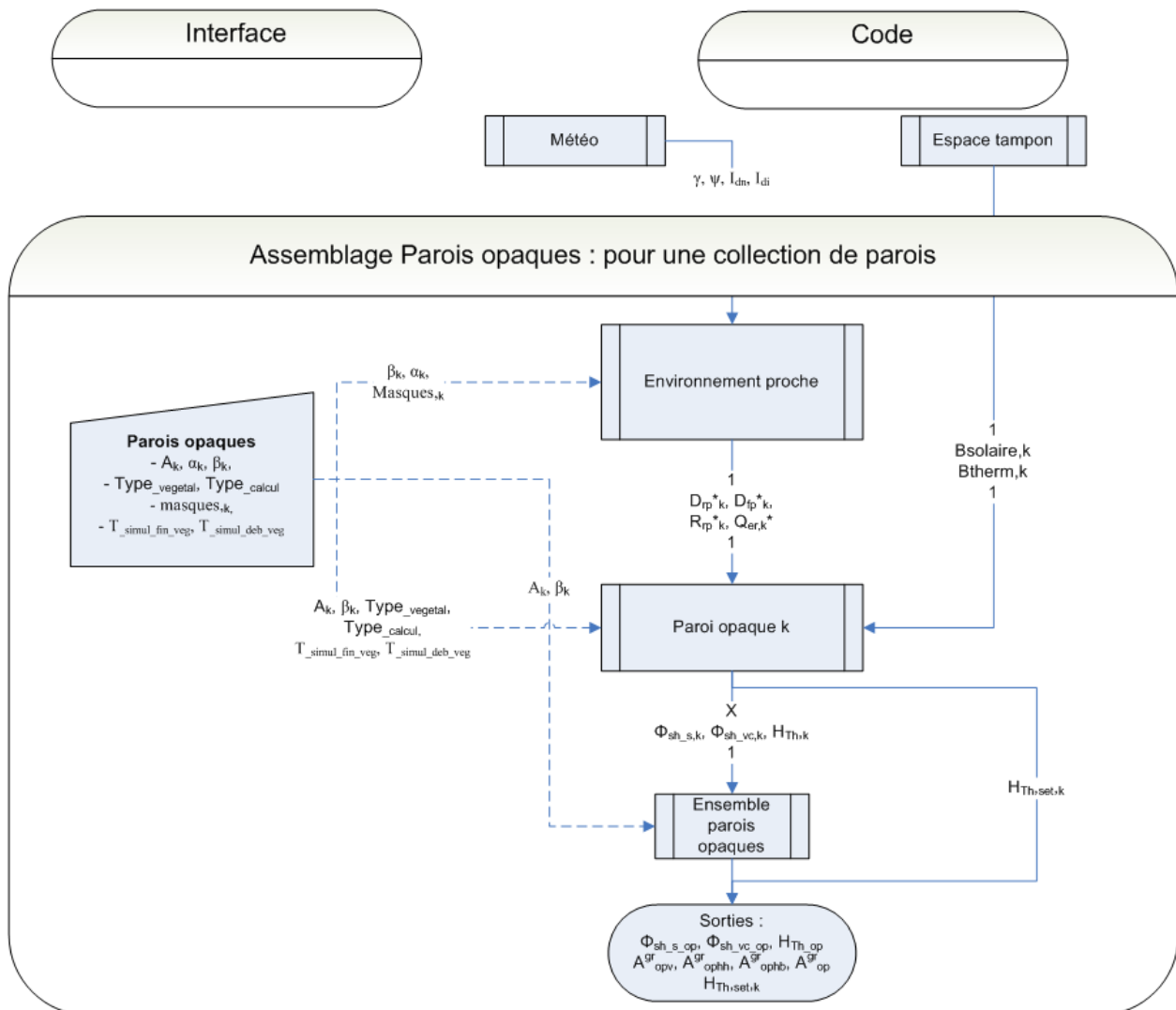
Le Tableau 49 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithme liées aux parois opaques.

Entrées du système						
Nom		Description	Unité			
M	I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m ²			
é	I_{di}	Rayonnement solaire diffus horizontal isotrope	W/m ²			
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_{opv}^{gr}		Surface des parois déperditives opaques verticales du groupe	m ²			
A_{opph}^{gr}		Surface des parois déperditives opaques horizontale (toiture) du groupe	m ²			
A_{ophb}^{gr}		Surface des parois déperditives opaques horizontale du groupe tournée vers le bas	m ²			
A_{op}^{gr}		Surface totale des parois déperditives opaques du groupe	m ²			
Variables internes						
Nom		Description	Unité			

Tableau 49 : 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.

Version du 04/08/20

5.16.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 50 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithme 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	
$H_{Th_v}^{gr}$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques verticales du groupe entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
$H_{Th_hh}^{gr}$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques du groupe horizontales vers le haut entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
$H_{Th_hb}^{gr}$	Coefficient de transmission thermique global des parois opaques du groupe horizontales vers le bas entre l'extérieur et l'intérieur	W/K	
A_{opv}^{gr}	Surface des parois déperditives opaques verticales du groupe	m ²	
A_{ophh}^{gr}	Surface des parois déperditives opaques horizontales tournée vers le haut du groupe	m ²	
A_{ophb}^{gr}	Surface des parois déperditives opaques horizontales tournée vers le bas du groupe	m ²	
A_{op}^{gr}	Surface totale des parois déperditives opaques du groupe	m ²	
Variables internes			
Nom	Description	Unité	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv

Tableau 50 : Nomenclature du modèle

5.16.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

5.16.3.1 Calcul du coefficient de transfert thermique global de l'ensemble des parois opaques du groupe

$$HT_h = \sum_{k \in \text{groupe}} HT_{h,k} \quad (280)$$

5.16.3.2 Calcul du flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe

$$\phi_{sh_s} = \sum_{k \in \text{groupe}} \phi_{sh_s,k} \quad (281)$$

5.16.3.3 Calcul du flux dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe

$$\phi_{sh_{vc}} = \sum_{k \in \text{groupe}} \phi_{sh_{vc},k} \quad (282)$$

5.16.3.4 Surface totale des parois opaques du groupe

$$A_{op}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k \quad (283)$$

5.16.3.5 *Surface et coefficients de transfert thermique des parois opaques du groupe par inclinaison*

si $60 \leq \beta_k \leq 120^\circ$ (paroi verticale)

$$A_{opv}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k$$

$$H_{Th_{opv}}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} H_{Th_k}$$

si $\beta_k < 60^\circ$ (parois horizontale vers le haut)

$$A_{ophh}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k$$

$$H_{Th_{ophh}}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} H_{Th_k}$$

sin o n (paroi horizontale vers le bas)

$$A_{ophb}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} A_k$$

$$H_{Th_{ophb}}^{gr} = \sum_{k \in \text{groupe}} H_{Th_k}$$

(284)

Version du 04/08/20

5.17 **C BAT paroi 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 $H_{Th,k}$.

Version du 04/08/20

5.17.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 51 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de paroi opaque.

Entrées du composant							
		Nom	Description	Unité			
Th-D		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	-			
		i _{sconfort_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 du Tic (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 du Tic (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	
$R_{th,k}$	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 51 : 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 :

$$I_{sr,k} = Drp * + Dfp * + Rrp * \quad (285)$$

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 :

$$\Phi_{sh_s,k} = A_k \cdot S_{f,k} \cdot I_{sr,k} \cdot b_{solaire,k} \quad (286)$$

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:

$$f_{ce,k}(h) = 1 \quad (287)$$

En calculs Th-D:

$$f_{ce,k}(\square h) = 1 - is_{confort\ adaptatif}(j) \quad (288)$$

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 :

$$S_{f,k}(\square h) = f_{ce,k}(\square h) \cdot S_{f-c,k} + [1 - f_{ce,k}(\square h)] \cdot S_{f-e,k} \quad (289)$$

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 $h < Tsimul_fin_veg$) :

$$S_{f,k}(\square h) = f_{ce,k}(\square h) \cdot S_{f-v,c,k} + [1 - f_{ce,k}(\square h)] \cdot S_{f-v,e,k} \quad (290)$$

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 :

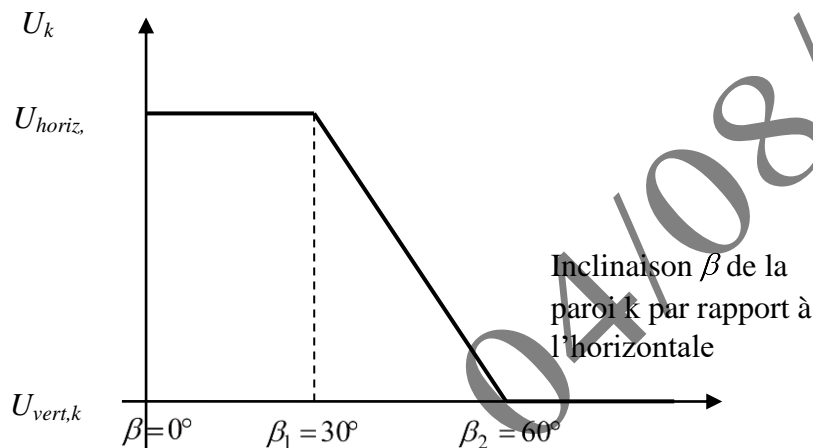


Figure 69 : Evolution du coefficient de transmission thermique de la paroi en fonction de son inclinaison

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

(291)

$$U_{k,\beta} = \frac{U_{\text{vert},k} - U_{\text{horiz,asc},k}}{\beta_2 - \beta_1} \cdot \beta + \frac{\beta_2 \cdot U_{\text{horiz,asc},k} - \beta_1 \cdot U_{\text{vert},k}}{\beta_2 - \beta_1}$$

- 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 :

$$H_{TH,k} = A_k \cdot b_{therm,k} \cdot U_{k_\beta} \quad (292)$$

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 :

$$H_{TH_{set},k} = A_k \cdot U_{k_\beta} \quad (293)$$

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 :

$$\Phi_{sh_{vc},k} = A_k \cdot b_{voute,k} \left(Q_{er}^* \cdot \frac{U_{k_\beta}}{h_e} \right) \quad (294)$$

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

5.18.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 52 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithme 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_{pt}^{gr}	Longueur des ponts thermiques déperditifs verticaux du groupe	m ²			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité			
Constantes						
	Nom	Description	Unité	Conv.		

Tableau 52 : 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 :

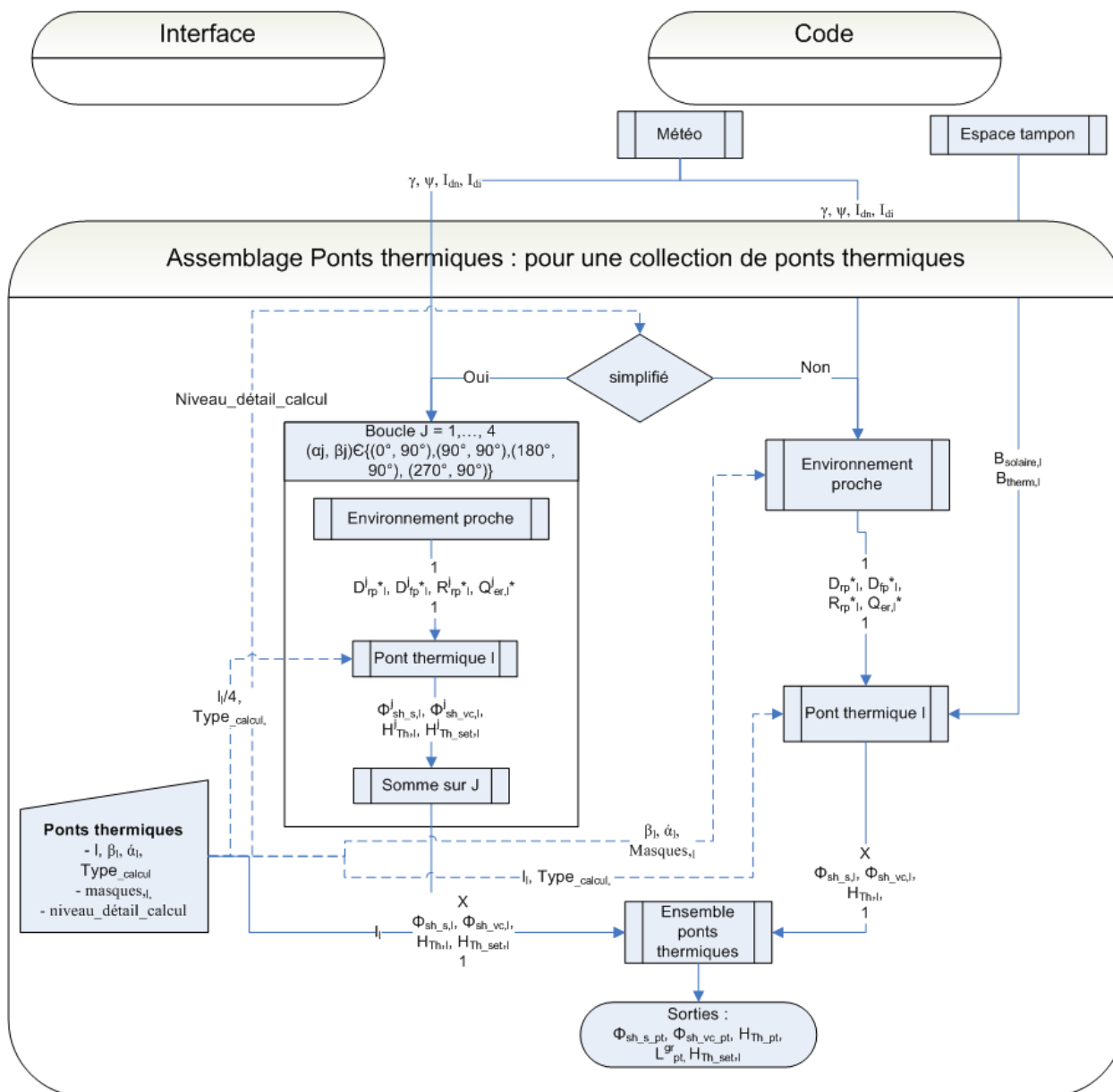
$$(\alpha, \beta) = (0^\circ, 90^\circ), (\alpha, \beta) = (90^\circ, 90^\circ), (\alpha, \beta) = (180^\circ, 90^\circ), (\alpha, \beta) = (270^\circ, 90^\circ), \quad (295)$$

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 $H_{Th,i}$.

Version du 04/08/20

5.19.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 53 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_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,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 : <i>0 : facteur de transmission solaire en conditions c,</i> <i>1 : facteur de transmission solaire en conditions e.</i>	Réel

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
h_e	Coefficient d'échange global (convectif+radiatif) extérieur	W/m ² K	25,0

Tableau 53 : 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 :

$$I_{sr,l} = Drp \cdot l + Dfp \cdot l + Rrp \cdot l \quad (296)$$

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 :

$$\Phi_{sh,s,l} = l_l \cdot S_{f,l} \cdot I_{sr,l} \cdot b_{solaire,l} \quad (297)$$

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:

$$f_{ce,l}(h) = 1 \quad (298)$$

En calculs Th-D:

$$f_{ce,l}(\square h) = 1 - i_{s_{confort_adaptatif}}(j) \quad (299)$$

Le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable en fonction du pas de temps de simulation :

$$S_{f,l}(\square h) = f_{ce,l}(\square h) \cdot S_{f-c,l} + [1 - f_{ce,l}(\square h)] \cdot S_{f-e,l} \quad (300)$$

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 :

$$H_{Th,l} = l_l \cdot b_{therm,l} \cdot \Psi_l \quad (301)$$

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 :

$$H_{Th,l} = l_l \cdot \Psi_l \quad (302)$$

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 :

$$\Phi_{sh_{vc,l}} = l_l \cdot b_{voute,l} \left(Q_{er}^* l \cdot \frac{\Psi_l}{h_e} \right) \quad (303)$$

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

5.20.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 54 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 54 : 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

$$HT_h = \sum_{l \in \text{groupe}} HT_{h,l} \quad (304)$$

5.20.3.2 Calcul du flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe

$$\phi_{sh_s} = \sum_{l \in \text{groupe}} \phi_{sh_s,l} \quad (305)$$

5.20.3.3 Calcul du flux dû au rayonnement froid de la voûte céleste transmis au groupe

$$\phi_{sh_{vc}} = \sum_{l \in \text{groupe}} \phi_{sh_{vc},l} \quad (306)$$

5.20.3.4 Longueur totale des ponts thermiques du groupe

$$L_l^{gr} = \sum_{l \in \text{groupe}} l_l \quad (307)$$

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 70.

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_i . 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_{ia}).

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.

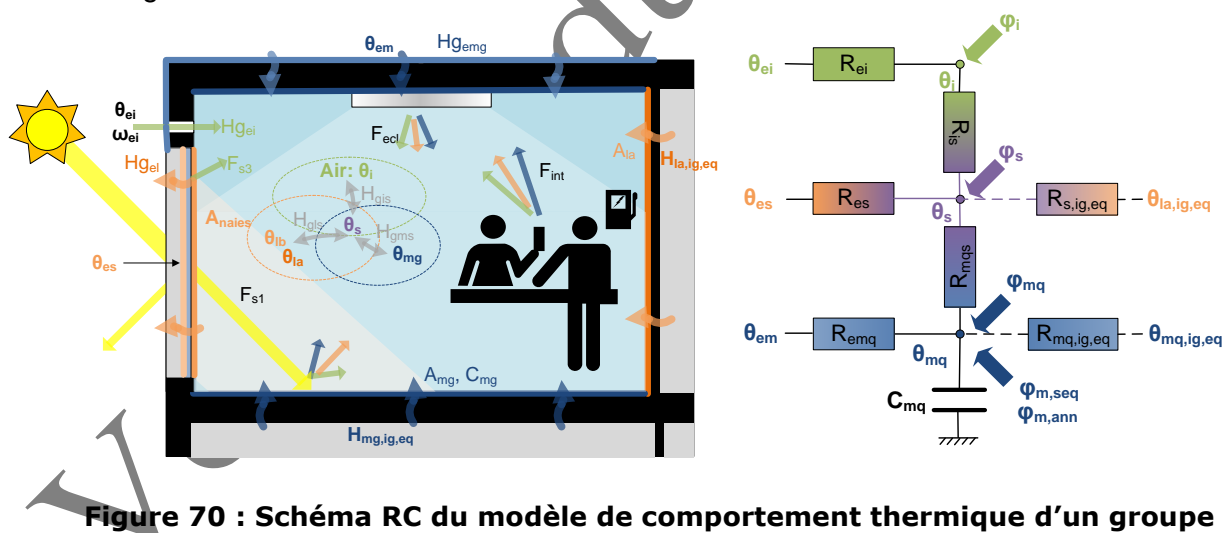


Figure 70 : Schéma RC du modèle de comportement thermique d'un groupe

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 55 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
	$\phi_{s,pt}(h)$	Flux de chaleur dû au rayonnement solaire absorbé transmis au groupe à travers les ponts thermiques	W
Ponts thermiques	$\phi_{vc,pt}(h)$	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 / 2-Th-E calcul de la Tic)	-	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_{parois}	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. (311)	-
	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_i	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}			
	$Hg_{mq,s}$	Transmission thermique/résistance équivalente entre les surfaces internes au sens de l'inertie quotidienne et l'ambiance représentée par θ_s	W/K	
	$R_{mq,s}$		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	
aux échanges aérialiqu	$Hg_{ei}(h)$	Facteur de transmission thermique dû renouvellement d'air (= $1/R_{ei}$)	W/K	
	$m_{eq}(h)$	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	kg/s	

	d'air en provenance d'autres groupes		
Prise en compte des inerties séquentielle et annuelle	$\omega_{eq}(h)$	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
	$\phi_{sd}(h)$	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
Flux solaires	$\phi_{sh}(h)$	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
	$\phi_s(h)$		
	$\phi_{mq}(h)$		
Inerties séquentielle et annuelle	$\phi_{mq,tot}(h)$	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
	$U_2(h)$		
	$U_3(h)$		
	$\theta_{ms}(h)$	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
$\theta_{i,moy(0;0)}(h), \theta_{i(0;0)}(h)$ $\theta_{i,moy(10;0)}(h), \theta_{i(10;0)}(h)$ $\theta_{i,moy(0;10)}(h), \theta_{i(0;10)}(h)$	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 55 : 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_{ai} , 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 :

$$h_{ci} = 2,5 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)} \quad (308)$$

$$h_{ri} = 5,5 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)} \quad (309)$$

$$A_{t\text{parois}} = 4,5 \times A^{gr} \text{ (m}^2\text{)} \quad (310)$$

$$p_{top} = 0,5 \quad (311)$$

Le nombre de jours d'une séquence pour le calcul de l'inertie séquentielle est fixé à la valeur suivante :

$$NB_{j,seq} = 14 \text{ j} \quad (312)$$

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 $Type_{inertie_quo}$	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 56 : 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 $Type_{inertie_seq}$	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 57 : 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 :

$$C_{ma_surf} = C_{ms_surf} \quad (313)$$

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 :

$$A_{mq} = A_{mq_surf} \times A \quad (314)$$

$$A_{ms} = A_{ms_surf} \times A \quad (315)$$

$$A_{ma} = A_{ma_surf} \times A \quad (316)$$

C_{mq} est calculée de la manière suivante :

$$C_{mq} = C_{mq_surf} \times A^{gr} \quad (317)$$

C_{ms} est calculée de la manière suivante :

$$C_{ms} = C_{ms_surf} \times A^{gr} \quad (318)$$

C_{ma} est calculée de la manière suivante :

$$C_{ma} = C_{ma_surf} \times A^{gr} \quad (319)$$

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 :

$$Hg_{is} = \frac{A_{t\text{parois}}}{\frac{1}{h_{ci}} - \frac{1}{h_{is}}} \quad (320)$$

Où h_{is} est le coefficient d'échange surfacique global d'une paroi intérieure par convection et rayonnement :

$$h_{is} = h_{ci} + h_{rs} \quad (321)$$

Et :

$$h_{rs} = 1,2 \cdot h_{ri} \quad (322)$$

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 :

$$\begin{aligned} Hg_{mq,s} &= h_{is} \cdot A_{mq} \\ R_{mq,s} &= \frac{1}{Hg_{mq,s}} \end{aligned} \quad (323)$$

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 :

$$\begin{aligned} Hg_{ms,s} &= h_{is} \cdot A_{ms} \\ R_{ms,s} &= \frac{1}{Hg_{ms,s}} \end{aligned} \quad (324)$$

$$\begin{aligned} Hg_{mas} &= h_{is} \cdot A_{ma} \\ R_{mas} &= \frac{1}{Hg_{mas}} \end{aligned} \quad (325)$$

$$\begin{aligned} \Delta R_{ms,s-q} &= R_{mss} - R_{mqs} \\ \Delta Hg_{ms,s-q} &= \frac{1}{\Delta R_{ms,s-q}} \end{aligned} \quad (326)$$

Note : pour $\Delta R_{ms,s-q}$ nul, $\Delta Hg_{ms,s-q} = 0$ W/K

$$\begin{aligned} \Delta R_{ms,a-q} &= R_{mas} - R_{mqs} \\ \Delta Hg_{ms,a-q} &= \frac{1}{\Delta R_{ms,a-q}} \end{aligned} \quad (327)$$

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 :

$$\Delta C_{m,s-q} = C_{ms} - C_{mq} \quad (328)$$

$$\Delta C_{m,a-s} = C_{ma} - C_{ms} \quad (329)$$

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 :

$$Hg_{ei}(h) = q_{m,eq}(h) \cdot (C_a + C_v \cdot \omega_{eq}(h)) \quad (330)$$

Le débit massique entrant total pour le groupe, $q_{m,eq}(h)$, est calculé comme suit :

$$q_{m,eq}(h) = \sum_j q_{ma}^j(h) \quad (331)$$

L'humidité spécifique équivalente de l'air entrant dans le groupe est la suivante :

$$\omega_{eq}(h) = \frac{\sum_j (Q_{ma}^j(h) \times \omega_a^j(h))}{m_{eq}(h)} \quad (332)$$

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 :

$$h_{eq}(h) = \frac{\sum_j (Q_{ma}^j(h) \times h_a^j(h))}{m_{eq}(h)} \quad (333)$$

Avec pour chaque composant aéraulique j, l'enthalpie de l'air calculée de la manière suivante :

$$h_a^j(h) = (C_a + C_v \cdot \omega_a^j(h)) \cdot \theta_a^j(h) + H_{fg} \cdot \omega_a^j(h) \quad (334)$$

La température équivalente de l'air entrant dans le groupe est la suivante :

$$\theta_{ei,eq}(h) = \frac{h_{eq}(h) - H_{fg} \cdot \omega_{eq}(h)}{C_a + C_v \cdot \omega_{eq}(h)} \quad (335)$$

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 :

$$Hg_{emq}(h) = \frac{1}{\frac{1}{H_{TH,k+pt}(h)} - \frac{1}{Hg_{mqS}}} \quad (336)$$

Avec :

$$H_{TH,k+pt}(h) = H_{TH,pt}(h) + H_{TH,k}(h) \quad (337)$$

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 :

$$Hg_{es}(h) = H_{TH,b}(h) \quad (338)$$

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 :

$$\theta_{es}(h) = \theta_{ei}(h) + \frac{\phi_{sl}(h)}{Hg_{es}(h)} \quad (339)$$

Avec :

$$\phi_{sl}(h) = F_{s2}(h) + F_{tvc}(h) \quad (340)$$

- Température extérieure équivalente vue par les parois opaques :

$$\theta_{em}(h) = \theta_{ei}(h) + \phi_{sh}(h) \cdot \left(\frac{1}{Hg_{emq}} + \frac{1}{Hg_{mqs}} \right) \quad (341)$$

Avec :

$$\phi_{sh}(h) = \phi_{sh,s}^{op}(h) + \phi_{sh,vc}^{op}(h) + \phi_{sh,s}^{pt}(h) + \phi_{sh,vc}^{pt}(h) \quad (342)$$

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 :

$$\phi_i(h) = f_{sa} \cdot F_{s1}(h) + F_{s3}(h) + \phi_{int_conv}(h) + \phi_{int,occ_conv}(h) + \phi_{recup_conv}(h) + F_{ecl_c}(h) \quad (343)$$

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.

$$\phi_i(h) = f_{rl,baies} \cdot (\phi_{int-rad}(h) + \phi_{int,occ_rad}(h) + \phi_{recup_rad}(h) + F_{ecl_r}(h)) \quad (344)$$

$$\phi_{mq}(h) = f_{rmd} \cdot (1 - f_{sa}) \cdot F_{s1}(h) + f_{rm} \cdot (\phi_{int-rad}(h) + \phi_{int,occ_rad}(h) + \phi_{recup_rad}(h) + F_{ecl_r}(h)) \quad (345)$$

Avec :

$$f_{rl,baies} = \frac{A_{baies}}{A_{tparois}} \quad (346)$$

$$f_{rm} = \frac{A_{mq}}{A_{tparois}} \quad (347)$$

$$f_{rld} = \frac{A_{tparois} - A_{mq} - A_{baies}}{A_{tparois} - A_{baies}} \quad (348)$$

$$f_{rmd} = \frac{A_{mq}}{A_{t\text{parois}} - A_{baies}} \quad (349)$$

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.

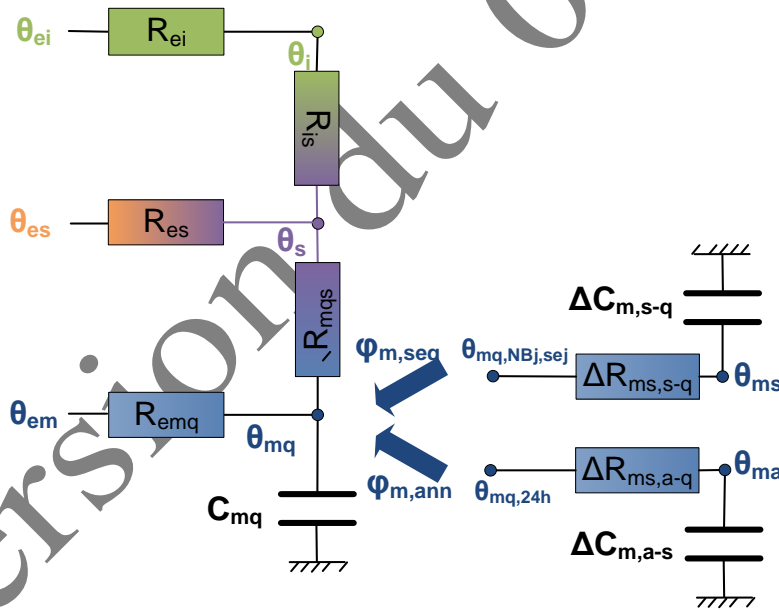


Figure 71: prise en compte des inerties séquentielle et annuelle du groupe

Soit $\theta_{mq,24h}(h)$, la moyenne des $\theta_{mq}(h)$ sur les dernières 24h de simulation :

$$\theta_{mq,24h}(h) = \frac{\sum_{t=h-1-24}^{h-1} \theta_{mq}(t)}{24} \quad (350)$$

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 :

$$\theta_{ms}(h) = \frac{\left(\frac{\Delta C_{m,s-q}}{3,6} - 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,s-q}\right) \cdot \theta_{ms}(h-1) + \Delta H g_{ms,s-q} \cdot \theta_{mq,24h}(h)}{\frac{\Delta C_{m,s-q}}{3,6} + 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,s-q}} \quad (351)$$

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 :

$$\phi_{mq_seq}(h) = \Delta H g_{ms,s-q} \cdot (\theta_{ms,moy}(h) - \theta_{mq,24h}(h)) \quad (352)$$

Où :

$$\theta_{ms,moy}(h) = \frac{\theta_{ms}(h) + \theta_{ms}(h-1)}{2} \quad (353)$$

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 :

$$\theta_{mq,NBjseq}(h) = \frac{\sum_{t=h-1-24 \cdot NBjseq}^{h-1} \theta_{mq}(t)}{24 \cdot NBjseq} \quad (354)$$

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 :

$$\theta_{ma}(h) = \frac{\left(\frac{\Delta C_{m,a-s}}{3,6} - 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,a-q}\right) \cdot \theta_{ma}(h-1) + \Delta H g_{ms,a-q} \cdot \theta_{mq,NBjseq}(h)}{\frac{\Delta C_{m,a-s}}{3,6} + 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,a-q}} \quad (355)$$

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 :

$$\phi_{mq_ann}(h) = \Delta H g_{ms,a-q} \cdot (\theta_{ma,moy}(h) - \theta_{mq,NBjseq}(h)) \quad (356)$$

Où :

$$\theta_{ma,moy}(h) = \frac{\theta_{ma}(h) + \theta_{ma}(h-1)}{2} \quad (357)$$

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 :

$$\phi_s(h) = \left(1 - \frac{H g_{es}}{A_{baies} \cdot h_{is}}\right) \cdot \phi_l(h) \quad (358)$$

$$U_1(h) = \frac{1}{\frac{1}{H g_{ei}(h)} + \frac{1}{H g_{is}}} \quad (359)$$

$$U_2(h) = U_1(h) + H g_{es}(h) \quad (360)$$

$$U_3(h) = \frac{1}{\frac{1}{U_2(h)} + \frac{1}{Hg_{ms}}} \quad (361)$$

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 :

$$\theta_{mq}(h) = \frac{\theta_{mq}(h-1) \cdot \left(\frac{C_{mq}}{3,6 \cdot \Delta h} - 0,5 \cdot (U_3(h) + Hg_{emq}) \right) + \phi_{mtot}(h) + \phi_{mig}(h) + \phi_{mq_seq}(h) + \phi_{mq_ann}(h)}{\frac{C_{mq}}{3,6 \cdot \Delta h} + 0,5 \cdot (U_3(h) + Hg_{emq})} \quad (362)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \phi_{mtot}(h) &= \phi_{mq}(h) + \phi_{sys,rad-mq} + Hg_{emq} \cdot \theta_{em}(h) \\ &+ \frac{U_3(h)}{U_2(h)} \cdot \left[\phi_s(h) + \phi_{sys,rad-s} + U_1(h) \cdot \left(\frac{\phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{Hg_{ei}(h)} + \theta_{ei,eq}(h) \right) \right] \end{aligned} \quad (363)$$

Φ_{mq_seq} et Φ_{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 :

$$\begin{aligned} \theta_s(h) &= \frac{1}{Hg_{ms} + Hg_{es}(h) + U_1(h) + H_{s,ig,eq}} \times [Hg_{ms} \cdot \theta_{mq}(h) + Hg_{es}(h) \cdot \theta_{es}(h) \\ &+ \phi_s(h) + \phi_{sys-rad-s} + U_1(h) \cdot \left(\theta_{eieq}(h) + \frac{\phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{Hg_{ei}(h)} \right)] \end{aligned} \quad (364)$$

$$\theta_i(h) = \frac{Hg_{is} \cdot \theta_s(h) + Hg_{ei}(h) \cdot \theta_{eieq}(h) + \phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{Hg_{is} + Hg_{ei}(h)} \quad (365)$$

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 :

$$\theta_{rm}(h) = p_{trm} \cdot \theta_s(h) + (1 - p_{trm}) \cdot \theta_i(h) \quad (366)$$

Où :

$$p_{trm} = 1 + \frac{h_{ci}}{h_{rs}} \quad (367)$$

La température opérative, traduisant le ressenti par les occupants, θ_{op} est calculée comme suit :

$$\theta_{op}(h) = p_{top} \cdot \theta_{rm}(h) + (1 - p_{top}) \cdot \theta_i(h) \quad (368)$$

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 :

$$\begin{aligned} \phi_{sys-rad-s} &= f_{rs} \cdot \phi_{sys-rad} \\ \phi_{sys-rad-m} &= f_{rm} \cdot \phi_{sys-rad} \end{aligned} \quad (369)$$

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 $\theta_{i,fin}$, $\theta_{s,fin}$, $\theta_{rm,fin}$ et $\theta_{op,fin}$.

La matrice de comportement thermique du groupe est ainsi une matrice de 5 lignes et 6 colonnes comme le montre l'équation (370).

$$\begin{array}{c}
\begin{array}{|c|c|} \hline \phi_{\text{sys-conv}} = 0 \text{ (W)} \\ \phi_{\text{sys-rad}} = 0 \text{ (W)} \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|c|} \hline \phi_{\text{sys-conv}} = 10 \text{ (W)} \\ \phi_{\text{sys-rad}} = 0 \text{ (W)} \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|c|} \hline \phi_{\text{sys-conv}} = 0 \text{ (W)} \\ \phi_{\text{sys-rad}} = 10 \text{ (W)} \\ \hline \end{array} \\
\hline
\begin{bmatrix} \theta_{i,\text{moy}_{(0,0)}} & \theta_{i,\text{fin}_{(0,0)}} \\ \theta_{s,\text{moy}_{(0,0)}} & \theta_{s,\text{fin}_{(0,0)}} \\ \theta_{m,\text{moy}_{(0,0)}} & \theta_{m,\text{fin}_{(0,0)}} \\ \theta_{rm,\text{moy}_{(0,0)}} & \theta_{rm,\text{fin}_{(0,0)}} \\ \theta_{op,\text{moy}_{(0,0)}} & \theta_{op,\text{fin}_{(0,0)}} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \theta_{i,\text{moy}_{(10,0)}} & \theta_{i,\text{fin}_{(10,0)}} \\ \theta_{s,\text{moy}_{(10,0)}} & \theta_{s,\text{fin}_{(10,0)}} \\ \theta_{m,\text{moy}_{(10,0)}} & \theta_{m,\text{fin}_{(10,0)}} \\ \theta_{rm,\text{moy}_{(10,0)}} & \theta_{rm,\text{fin}_{(10,0)}} \\ \theta_{op,\text{moy}_{(10,0)}} & \theta_{op,\text{fin}_{(10,0)}} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \theta_{i,\text{moy}_{(0,10)}} & \theta_{i,\text{fin}_{(0,10)}} \\ \theta_{s,\text{moy}_{(0,10)}} & \theta_{s,\text{fin}_{(0,10)}} \\ \theta_{m,\text{moy}_{(0,10)}} & \theta_{m,\text{fin}_{(0,10)}} \\ \theta_{rm,\text{moy}_{(0,10)}} & \theta_{rm,\text{fin}_{(0,10)}} \\ \theta_{op,\text{moy}_{(0,10)}} & \theta_{op,\text{fin}_{(0,10)}} \end{bmatrix}
\end{array} \quad (370)$$

Version du 04/08/20

6. 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 proposition repose sur la modélisation simplifiée de la norme européenne EN NF 15241.

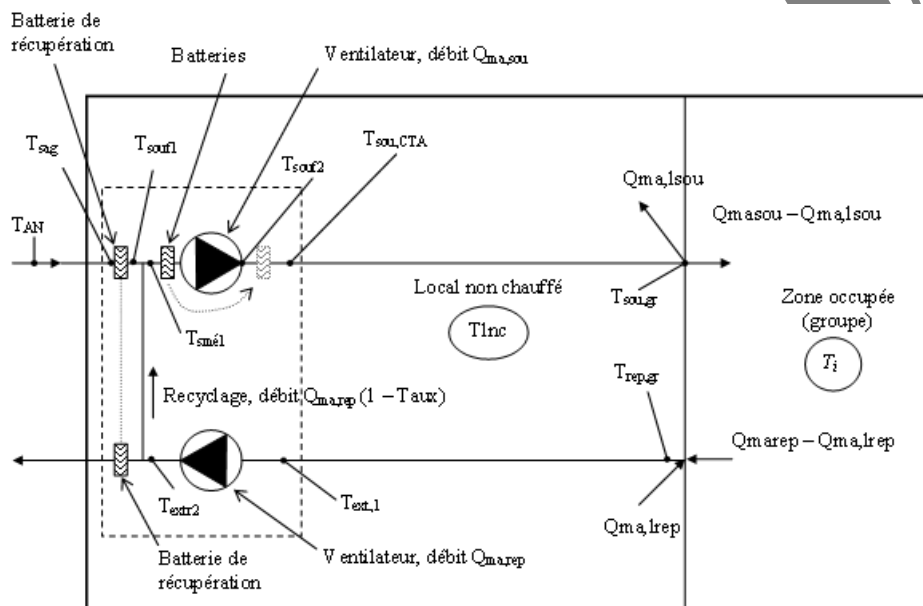


Figure 72. Modélisation de réseaux et de bouches reliés à une CTA

6.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 58 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
$T_{extr1}^{g,s}$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit	°C
$T_{extr2}^{g,s}$	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 58 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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

$$P_{vent_{rep}} = 0 \quad (371)$$

Et

$$P_{vent_{souf}} = 0 \quad (372)$$

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 :

$$P_{vent_{souf}} = 0 \quad (373)$$

2. **Température après impact du ventilateur d'extraction :**

$$T_{extr2}^{g,s} = T_{extr1}^{g,s} + \frac{pel \times P_{vent_{rep}}}{0.34 \times abs(q_{rep,cond}^{g,s})} \quad (374)$$

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 :

$$T_{soutf1} = \theta_{ext} + \varepsilon \times (T_{extr2} - \theta_{ext}) \quad (375)$$

2. **Température après impact du ventilateur d'extraction :**

$$T_{soutf2} = T_{soutf1} + \frac{pel \times P_{vent_{soutf}}}{0.34 \times abs(q_{soutf1,cond}^{g,s})} \quad (376)$$

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 :

$$T_{Air_{soutf1}}^g = T_{soutf2} \quad (377)$$

L'humidité de l'air neuf fourni au groupe par le système de ventilation conventionnel du BBIO est définie comme suit :

$$\omega_{air_{soutf1}}^g = \omega_{ext} \quad (378)$$

6.1.3.4 Déperditions par la ventilation

$$H_{vent} = q_{soutf1,cond}^{g,s} * C_{pa} * (1 - \varepsilon) \quad (379)$$

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 proposition repose sur la modélisation simplifiée de la norme européenne EN NF 15241.

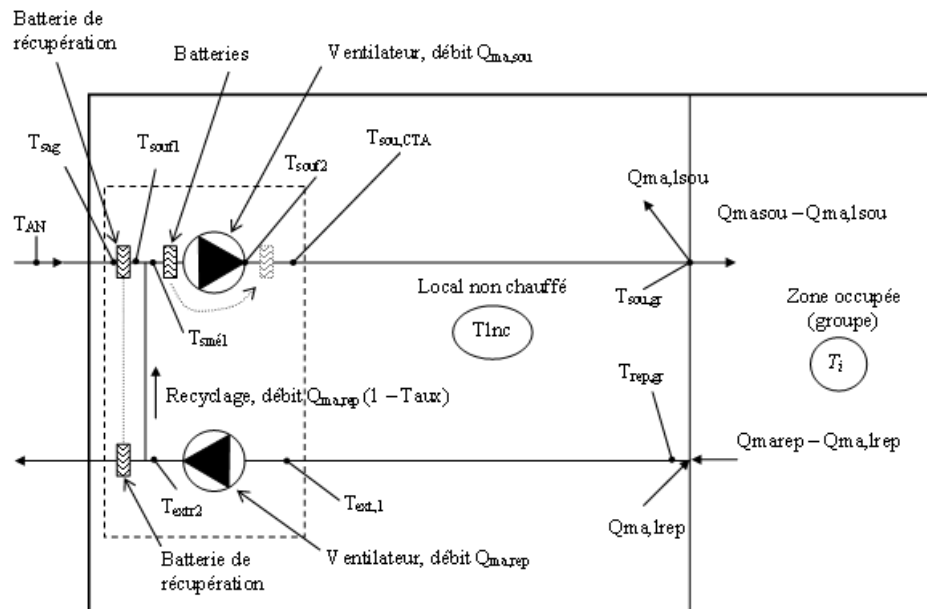


Figure 73. Modélisation de réseaux et de bouches reliées à une CTA

6.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 59 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			
$\theta_{\text{ext}}(h)$		Température extérieure au pas de temps h	°C			
$\theta_{\text{op,fin}}(h-1)$		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			
$\text{Id}_{\text{besoinCH_inocc_prev}}$		Indicateur de besoin de chauffage au pas précédent en inoccupation dans un groupe relié à une CTA DAC avec recyclage ou DAV	Bool			
$\text{Id}_{\text{besoinFR_inoc_prev}}$		indicateur de besoin de froid au pas précédent en inoccupation dans un groupe relié à une CTA DAC avec recyclage ou DAV	Bool			
$i_{\text{relance}}(h)^{\text{CTA}}$		Indicateur de phase de relance	Ent			
Paramètres d'intégration						
Nom		Description	Unité	Min	Ma x	Conv.
Usage autre que maison individuelle ou accolée ou logement collectif	$q_{\text{spec,rep,occ}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en occupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{\text{spec,rep,inocc}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en inoccupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{\text{spec,soufflé,occ}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en occupation pour les usages autre que maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{\text{spec,soufflé,inocc}}^{g,s}$	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	$q_{\text{spec,rep,conv_pointe}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en pointe en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{\text{spec,rep,conv_base}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel repris en base en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{\text{spec,soufflé,conv_pointe}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en pointe en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
	$q_{\text{spec,soufflé,conv_base}}^{g,s}$	Débit volumique spécifique conventionnel soufflé en base en maison individuelle ou accolée et les logements collectifs.	m³/h	0	+∞	-
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	+∞	-
$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise	m ²	0	+∞	-
$A_{cond,soufflé}^{g,s}$	Surface du conduit de soufflage	m ²	0	+∞	-
Rrep	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors volume chauffé	m ² K/W	0	+∞	-
Rsoufflé	Résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors volume chauffé	m ² K/W	-∞	+∞	-
$q_{soufflé,CH,\theta\theta\theta}^{g,s}$	débit de soufflage hors mode zone neutre (CTA)	m ³ /h	0	+∞	-
$q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s}$	débit de soufflage en zone neutre en occupation (CTA)	m ³ /h	0	+∞	-
$q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s}$	débit de soufflage en zone neutre en inoccupation (CTA)	m ³ /h	0	+∞	-
$Taux_{AN,min,occ}^{g,s}$	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	-			
T _{typologie}	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 aéraulque à la surface habitable (Shab)	Réel	0	+∞	
Ratdebcond	Valeur conventionnelle du rapport de la surface de conduit aéraulque au de débit de ventilation	Réel	0	+∞	
dP	Différence de pression	Pa			

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C _{fenb}	Coefficient de la fenêtre	Réel	1.7

Variables internes

Nom	Description	Unité
$q_{rep,regul}^{g,s}$	Débit de reprise avec régulation	m ³ /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	-
$CTRL_{vent,granddebit}$	Paramètre de contrôle-commande pour l'utilisation du grand débit en résidentiel	- 0 1
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

$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface du conduit de reprise	1 Pa m ²
$A_{cond,soufflé}^{g,s}$	Surface du conduit de soufflage	m ²

Tableau 59 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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 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 CTA

Ce paragraphe traite de tous les systèmes de ventilation autre que les CTA (centrale de traitement d'air) et les systèmes 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) :

$$\begin{aligned} q_{rep,max}^{g,s} &= -q_{spec,rep,occ}^{g,s} \\ q_{soufflé,max}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (380)$$

Si $I_{souf} = 1$ (bouche-conduits de soufflage) :

$$\begin{aligned} q_{soufflé,max}^{g,s} &= q_{spec,soufflé,occ}^{g,s} \\ q_{rep,max}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (381)$$

On définit le débit minimal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

Si $I_{souf} = 0$ (bouche-conduits de reprise) :

$$\begin{aligned} q_{rep,min}^{g,s} &= -q_{spec,rep,inocc}^{g,s} \\ q_{soufflé,min}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (382)$$

Si $I_{souf} = 1$ (bouche-conduits de soufflage) :

$$\begin{aligned} q_{soufflé,min}^{g,s} &= q_{spec,soufflé,inocc}^{g,s} \\ q_{rep,min}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (383)$$

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 $I_{\text{souf}} = 0$

$$\begin{aligned} q_{\text{rep,max}}^{g,s} &= -q_{\text{spec,rep,conv_pointe}}^{g,s} \\ q_{\text{soufflé,max}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (384)$$

Si $I_{\text{souf}} = 1$

$$\begin{aligned} q_{\text{soufflé,max}}^{g,s} &= q_{\text{spec,soufflé,conv_pointe}}^{g,s} \\ q_{\text{rep,max}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (385)$$

On définit le débit minimal d'air soufflé ou repris de la bouche comme suit :

Si $I_{\text{souf}} = 0$

$$\begin{aligned} q_{\text{rep,min}}^{g,s} &= -q_{\text{spec,rep,conv_base}}^{g,s} \\ q_{\text{soufflé,min}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (386)$$

Si $I_{\text{souf}} = 1$

$$\begin{aligned} q_{\text{soufflé,min}}^{g,s} &= q_{\text{spec,soufflé,conv_base}}^{g,s} \\ q_{\text{rep,min}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (387)$$

Cas des systèmes hygroréglables :

Pour les systèmes hygroréglables, les débits seront calculés à partir des valeurs fournies par les Avis Techniques 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 $Q_{\text{varep_spec}}$ fournie dans l'avis technique, du débit maximum et des D_{ugd} définis au §6.2.3.2.2.2 :

$$q_{\text{spec,rep,conv_base}}^{g,s} = \frac{168 \times Q_{\text{varep_spec}} + D_{\text{ugd}} \times q_{\text{spec,rep,conv_pointe}}^{g,s}}{(168 - D_{\text{ugd}})}$$

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

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 $I_{\text{souf}} = 1$

$$q_{\text{soufflé,CH,max}}^{g,s} = q_{\text{soufflé,CH}}^{g,s} \quad (388)$$

$$q_{\text{rep,CH,max}}^{g,s} = 0 \quad \text{Tau AN}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{soufflé,ZN,max}}^{g,s} &= q_{\text{soufflé,ZN,occ}}^{g,s} \\ q_{\text{rep,ZN,max}}^{g,s} &= 0 \end{aligned} \quad (389)$$

$$Taux_{AN_min_occ}^{g,s} = \frac{q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s}}{q_{soufflé,CH}^{g,s}} \quad (390)$$

$$q_{rep,ZN\ max}^{g,s} = 0$$

Si Isouf = 0

$$q_{rep,CH,max}^{g,s} = -q_{soufflé,CH}^{g,s} \quad (391)$$

$$q_{soufflé,CH\ max}^{g,s} = 0$$

$$q_{rep,ZN\ max}^{g,s} = -q_{soufflé,ZN,occ}^{g,s} \quad (392)$$

$$q_{soufflé,ZN\ max}^{g,s} = 0$$

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 Isouf = 1

$$q_{soufflé,ZN\ min}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s} \quad (393)$$

$$q_{rep,ZN\ min}^{g,s} = 0$$

$$Taux_{AN_min_inocc}^{g,s} = \frac{q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s}}{q_{soufflé,CH}^{g,s}} \quad (394)$$

Si Isouf = 0

$$q_{rep,ZN\ min}^{g,s} = -q_{soufflé,ZN,inocc}^{g,s} \quad (395)$$

$$q_{soufflé,ZN\ min}^{g,s} = 0$$

La CTA est employée uniquement dans le non résidentiel.

Note :

- les systèmes double flux se distinguent des CTA par le fait qu'il s'agit de systèmes tout air, assurant la ventilation à un débit hygiénique, sans dispositif de recyclage. Pour des usages autres que résidentiel, les débits soufflés (respectivement repris) en mode actif (indice CH) ou en mode zone neutre (indice ZN) en occupation doivent être identiques.
- Dans le cas des CTA à débit constant avec dispositif de recyclage, le débit soufflé en zone neutre en occupation doivent 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 équations du §6.2.3.1.1.1

- Cas des usages maison individuelle ou accolée et logement collectif

On utilise les équations du §6.2.3.1.1.2

6.2.3.2 *Définition des débits régulés*

Ce paragraphe présente les règles de valorisation 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 60 : 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 de procédures d'Avis Technique ou de certifications équivalentes.

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 (avec $Crdbnr = 1$).

Dans les autres cas, on utilise les équations du §6.2.3.2.1 (avec $Crdbnr = 1$).

6.2.3.2.2 *Cas d'une ventilation autre que la CTA*

Ce paragraphe traite de tous les systèmes de ventilation autre que les CTA et les systèmes 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** ($lvent = \text{vrai}$),

$$q_{rep,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{rep,max}^{g,s} \quad (396)$$

$$q_{soufflé,regul}^{g,s} = Crdbnr \times q_{soufflé,max}^{g,s} \quad (397)$$

Note : Dans le cas particulier de l'aération, $Crdbnr = 1$ quelle que soit l'occupation.

- En **période d'inoccupation** ($lvent = \text{faux}$)

Dans ce cas, $Crdbnr = 1$ et les débits régulés sont définis ainsi :

$$\begin{aligned} q_{rep,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{rep,min}^{g,s} \\ q_{soufflé,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{soufflé,min}^{g,s} \end{aligned} \quad (398)$$

6.2.3.2.2.2 *Usages maison individuelle ou accolée et logement collectif*

Quelle que soit l'occupation, ($lvent = \text{vrai}$ ou $lvent = \text{faux}$), on définit **$Crdbnr = 1$** .

$$\text{Si } \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ \text{ou} \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases}, \text{ alors :} \quad CTRL_{vent,granddebit}(\square) = 1 \quad (399)$$

Sinon :

$$CTRL_{vent,granddebit}(\square) = 0$$

Avec le programme horaire conventionnel d'utilisation du grand débit suivant :

		Durée d'Utilisation du Grand Débit (Dugd) exprimée en h/semaine	Horaires de passage en grands débits au sens de $h_{leg}(h)$
Ventilation mécanique	Dispositifs à gestion manuelle (par défaut)	14	$h_{gd,1,deb}=12h$ à $h_{gd,1,fin}=13h$ $h_{gd,2,deb}=19h$ à $h_{gd,2,fin}=20h$
	Dispositifs avec temporisation	7	$h_{gd,2,deb}=19h$ à $h_{gd,2,fin}=20h$
Ventilation naturelle par conduit et ventilation hybride	Maison Individuelle	14	$h_{gd,1,deb}=11h$ à $h_{gd,1,fin}=13h$ $h_{gd,2,deb}=19h$ à $h_{gd,2,fin}=20h$
	Logement Collectif	28	$h_{gd,1,deb}=11h$ à $h_{gd,1,fin}=13h$ $h_{gd,2,deb}=18h$ à $h_{gd,2,fin}=20h$
Mode BBIO		14	$h_{gd,1,deb}=12h$ à $h_{gd,1,fin}=13h$ $h_{gd,2,deb}=19h$ à $h_{gd,2,fin}=20h$

Tableau 61 : Durée d'Utilisation du Grand Débit

$$q_{rep,regul}^{g,s} = Crdbnr \times \left(q_{rep,max}^{g,s} \times CTRL_{vent,granddebit}(\square) + q_{rep,min}^{g,s} \times (1 - CTRL_{vent,granddebit}(\square)) \right) \quad (400)$$

$$q_{soufflé,regul}^{g,s} = Crdbnr \times \left(q_{soufflé,max}^{g,s} \times CTRL_{vent,granddebit}(\square) + q_{soufflé,min}^{g,s} \times (1 - CTRL_{vent,granddebit}(\square)) \right) \quad (401)$$

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 h + 14 h = 28 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, 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 fourni dans les Avis Techniques ou dans une procédure équivalente.

6.2.3.2.3 Cas des CTA

1. ($i_{s_{vent}}(h) = 1$)

En présence d'un système avec recyclage de l'air, comme les CTA avec recyclage, **Crdbnr=1**. Les débits régulés sont définis ainsi :

$$\begin{aligned} q_{rep,CH,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{rep,CH,max}^{g,s} \\ q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{soufflé,CH,max}^{g,s} \end{aligned} \quad (402)$$

Et

$$\begin{aligned} q_{rep,ZN,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{rep,ZN,max}^{g,s} \\ q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{soufflé,ZN,max}^{g,s} \end{aligned} \quad (403)$$

Et

$$taux_{AN,min}^{g,s} = taux_{AN,min,occ}^{g,s} \quad (404)$$

- Sinon :

Dans ce cas, **Crdbnr = 1** et les débits régulés sont définis ainsi

$$\begin{aligned} q_{rep,ZN,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{rep,ZN,min}^{g,s} \\ q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{soufflé,ZN,min}^{g,s} \end{aligned} \quad (405)$$

Et

$$\begin{aligned} q_{rep,CH,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{rep,CH,max}^{g,s} \\ q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} &= Crdbnr \times q_{soufflé,CH,max}^{g,s} \end{aligned} \quad (406)$$

Et

$$taux_{AN,min}^{g,s} = taux_{AN,min,inocc}^{g,s} \quad (407)$$

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 sous avis technique (ATec) ou procédure équivalente	Cdep issu de l'ATec ou équivalent
---	-----------------------------------

Tableau 62 : Valeurs de C_{dep} à considérer

6.2.3.3.1 *Cas d'une ventilation autre que la CTA*

On intègre également l'impact du coefficient de dépassement.

$$q_{rep,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{rep,regul}^{g,s} \quad (408)$$

$$q_{soufflé,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{soufflé,regul}^{g,s} \quad (409)$$

Ce paragraphe traite de tous les systèmes de ventilation autre que les CTA et 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**, **$C_{dep} = C_{fenb}$** quelle que soit l'occupation.
2. Pour le calcul conventionnel du **BBIO**, on utilise :

$$C_{dep_{BBIO}} = 1 \quad (410)$$

6.2.3.3.2 *Cas des CTA*

On intègre également l'impact du coefficient de dépassement.

$$q_{rep,CH,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{rep,CH,regul}^{g,s} \quad (411)$$

$$q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{soufflé,CH,regul}^{g,s} \quad (412)$$

$$q_{rep,ZN,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{rep,ZN,regul}^{g,s} \quad (413)$$

$$q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} = C_{dep} \times q_{soufflé,ZN,regul}^{g,s} \quad (414)$$

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 :

$$q_{repris,fuites}^{g,s} = -3600 \times K_{res} \times A_{cond,rep}^{g,s} \times dP^{0.667} \quad (415)$$

Et/ou

$$q_{soufflé,fuites}^{g,s} = 3600 \times K_{res} \times A_{cond,soufflé}^{g,s} \times dP^{0.667} \quad (416)$$

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 63 : Valeurs conventionnelles de Kres

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 64

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 fournit 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

$$A_{cond}^{g,s} = SHAB \times Ratsurfcond \quad (417)$$

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 :

$$A_{cond,rep}^{g,s} = A_{cond}^{g,s} \quad (418)$$

Et

$$A_{cond,soufflé}^{g,s} = A_{cond}^{g,s} \quad (419)$$

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

$$A_{cond,rep}^{g,s} = abs(q_{rep,max}^{g,s}) \times Ratdebcond \quad (420)$$

Et/ou

$$A_{cond,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,max}^{g,s} \times Ratdebcond \quad (421)$$

Cas d'une CTA:

$$A_{cond,rep}^{g,s} = abs(q_{rep,CH,max}^{g,s}) \times Ratdebcond \quad (422)$$

⁶En Maison individuelle, cette possibilité est conditionnée à la réalisation d'un test d'étanchéité à la réception

Et/ou

$$A_{cond,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,CH,max}^{g,s} \times Ratdebcond \quad (423)$$

Les valeurs des ratios par défaut sont présentées dans le Tableau 64.

	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	conventionnel	conventionnel	conventionnel	conventionnel
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 64 : 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 et les CTA 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

$$q_{spec_repris}^{g,s} = q_{rep,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (424)$$

$$q_{spec_soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{soufflé,fuite}^{g,s} \quad (425)$$

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 :

$$q_{repris,cond}^{g,s} = q_{rep,dep}^{g,s} + q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (426)$$

$$q_{soufflé,cond}^{g,s} = q_{soufflé,dep}^{g,s} + q_{soufflé,fuite}^{g,s} \quad (427)$$

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:

$$q_{spec,CH,repris}^{g,s} = q_{rep,CH,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (428)$$

$$q_{spec,CH,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (429)$$

$$q_{spec,ZN,repris}^{g,s} = q_{rep,ZN,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (430)$$

$$q_{spec,ZN,soufflé}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} + Ratfuitevc \times q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (431)$$

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 :

$$q_{rep,CH,cond}^{g,s} = q_{rep,CH,dep}^{g,s} + q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (432)$$

$$q_{sou,CH,cond}^{g,s} = q_{soufflé,CH,dep}^{g,s} + q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (433)$$

$$q_{rep,ZN,cond}^{g,s} = q_{rep,ZN,dep}^{g,s} + q_{repris,fuites}^{g,s} \quad (434)$$

$$q_{sou,ZN,cond}^{g,s} = q_{soufflé,ZN,dep}^{g,s} + q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (435)$$

Version du 04/08/20

6.3.1 INTRODUCTION

Ces systèmes ne sont pris en compte que dans les modes de calcul Th-C et Th-DC.

Cette fiche algorithme décrit le calcul des températures, de l'humidité de l'air repris et soufflé ainsi que les puissances des auxiliaires.

Cette proposition repose sur la modélisation simplifiée d'un système de ventilation à débit constant ou à double flux hygiénique décrite en Figure 72 et basé sur la norme européenne EN NF 15241.



6.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 65 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 extérieur	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique extérieure au pas de temps h	kg/kgas
	$T_{eau}(h)$	Température d'eau froide	°C
	$b_{therm}^{et}(h)$	Coefficient b thermique de l'espace tampon pour la prise en compte des déperditions par les conduits aérauliques hors volume chauffé.	Réel
	$i_{vent}(h)$	Indicateurs d'occupation au sens de la ventilation (scénarios) : <i>1 : locaux occupés au sens de la ventilation</i>	-
Environnement intérieur	$i_{sconf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif : <i>0 : hors période de confort adaptatif</i> <i>1 : en période de confort adaptatif</i>	Bool
	$i_{srelance}(h)$	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 gr 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
	$is_{bch}^{gr}(h-1)$	Indicateurs de besoins de chauffage et de refroidissement au pas de temps	-
	$is_{bfr}^{gr}(h-1)$		

Bouches-conduits	$is_{report_ch}^g(h-1)$ $is_{report_fr}^g(h-1)$	Indicateur spécifiant si une génération de chauffage/refroidissement reliée au groupe était en situation de report d'énergie au pas de temps h-1	-		
	$q_{spec_repris}^{g,s}$ $q_{spec_souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris et soufflé pour le composant bouche-conduit g,s	m ³ /h		
	$q_{rep,cond}^{g,s}$ $q_{souffle,cond}^{g,s}$	Débit repris et soufflé par le composant bouches-conduits g,s en ajoutant les fuites aérauliques aux débits spécifiques	m ³ /h		
	$Q_{sys_ch}^{g,s}(h)$ $Q_{sys_fr}^{g,s}(h)$	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		
Puits climatique et hydraulique	$\theta_{air,out}^{pc}(h)$	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		
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	
Bouches-conduits	$A_{cond,rep}^{g,s}$ $A_{cond,souff}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage du composant bouches-conduits g,s	m ²	0	+∞
	$R_{rep}^{g,s}$ $R_{soufflé}^{g,s}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de reprise et de soufflage située hors volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	m ² K/W	0	+∞
	$Rat_{fuites,vc}^{g,s}$	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	0	168
Ventilateurs	$P_{vent,base,rep}$ $P_{vent,base,sou}$ $P_{vent\ pointe,rep}$ $P_{vent\ pointe,sou}$	Usage d'habitation : Puissances électriques des ventilateurs sur l'air repris et soufflé en débit de base et débit de pointe	W	0	+∞
	$P_{vent+occ+rep}$ $P_{vent\ occ+sou}$ $P_{vent+inocc+rep}$ $P_{vent,inocc+sou}$	Usage autre que d'habitation : Puissances électriques des ventilateurs sur l'air repris et soufflé, en occupation et inoccupation	W	0	+∞
					-
	$Id_{puits_climatique}$	Index unique du puits climatique auquel est raccordé la centrale. <i>Si 0, pas de raccordement.</i>	Ent	0	+∞
					-

Régulation bypass	$Id_puits_hydraulique$	Index unique du puits hydraulique auquel est raccordé la centrale. <i>Si 0, pas de raccordement.</i>	Ent	0	$+\infty$	-
	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).	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	$-\infty$	$+\infty$	
	$\theta_{int,bypass,hiver}$ $\theta_{int,bypass,été}$	Température intérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
Régulation du taux d'air neuf	θ_{ENC} θ_{ENF}	Plage de température de fonctionnement de la centrale en tout air neuf.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	Type_CTA_DAC	Type de centrale à débit d'air constant : - 0 : sans recyclage d'air intérieur, - 1 : avec recyclage d'air intérieur	Bool	0	1	
	Taux _{AN,min}	Taux d'air neuf minimal de la centrale au débit nominal	-	0	1	-
	Type _{régul_AN}	Type de régulation du taux d'air neuf 0) <i>régulation standard</i> 1) <i>régulation optimisée</i>	-	0	1	-
Humidification d'hiver	Is_ChautHR	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
	ω_{cons}	Humidité spécifique de consigne pour l'humidificateur d'hiver	kg/kgas	0	1	-
Régulation du préchauffage et du prérefroidissement de l'air	Is _{prechauffage}	Présence d'une batterie de préchauffage régulée en fonction de la température d'air neuf	Bool	0	1	-
	Is _{prerefroidissement}	Présence d'une batterie de prérefroidissement régulée en fonction de la température d'air neuf	Bool	0	1	-
	$\theta_{consprechaud}$	Température de consigne de soufflage pour la fonction préchauffage	°C	0	$+\infty$	-
	$\theta_{consprefroid}$	Température de consigne de soufflage pour la fonction prérefroidissement	°C	0	$+\infty$	-
	$\theta_{exprechaud}$	Température extérieure au dessus de laquelle le préchauffage n'est pas autorisé	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
	$\theta_{exprefroid}$	Température extérieure au dessous de laquelle le prérefroidissement n'est pas autorisé	°C	$-\infty$	$+\infty$	-

	$\theta_{dim,fr}$	Température nominale moyenne du fluide à l'intérieur de la batterie de prérefroidissement	°C	0	$+\infty$	
	Type_HR_Ete	Présence et type de rafraîchissement évaporatif : 0 : pas d'humidificateur été 1 : humidificateur direct 2 : humidificateur indirect	Ent	0	2	-
	θ_{i_base} $\Delta\theta_{i1}$ $\Delta\theta_{i2}$	Paramètres de régulation du profil à hystérésis pour le rafraîchissement évaporatif	°C	0	$+\infty$	-
Paramètres intrinsèques						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Description de l'échangeur statique	$id_{niveau_detail_echangeur}$	Nature de la représentation de l'échangeur : 0 : représentation simplifiée 1 : représentation détaillée	-	0	1	
	$id_{statut_echangeur}$	Statut de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode ventilation seule. 0 : Valeur déclarée par le fabricant (par défaut), 1 : Valeur justifiée, 2 : Valeur certifiée	Ent	0	2	
	ϵ_{t_saisi}	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode ventilation seule	-	0	1	
	UA_{saisi}	Coefficient d'échange global de l'échangeur pour une représentation détaillée	W/K	0	$+\infty$	
	$id_{type_echangeur}$	Nature de l'échangeur: 1 : écoulements à contre-courant 2 : écoulements à courants parallèles 3 : écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés	-	1	3	
	is_{bypass}	Bypass de l'échangeur : 0 : absence, 1 : présence.	-	0	1	
	$P_{elec\ ech}$	Puissance de l'échangeur (échangeurs à roue)	W	0	$+\infty$	
	$is_{antigel}$	Sécurité antigel de l'échangeur : 0 : absence d'antigel, 1 : présence d'un antigel.	-	0	1	
Puits hydraulique	$\theta_{s,ech,rep,LIM}$	Température limite basse de sortie coté rejet de l'échangeur (fonction antigel)	°C	-10	10	
	$Id_{puits_hydraulique}^S$	Index unique du puits hydraulique auquel est raccordé la centrale de ventilation S : Si 0, pas de raccordement.	Ent	0	$+\infty$	
	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 : <i>0 : Pas de surventilation,</i> <i>1 : Surventilation d'été synchronisée avec le fonctionnement du puits hydraulique</i>	-	0	1	-
$P_{batt_PH_ch}$	Si « $type_{eff_échangeur}$ » = 1 (valeur saisie par l'utilisateur) : 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	+ ∞	
$P_{batt_PH_fr}$	Si « $type_{eff_échangeur}$ » = 1 (valeur saisie par l'utilisateur) : 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	-	-	-	-
η_{hum_dir}	Rendement de l'humidificateur direct	-	-	-	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$q_{sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit volumique soufflé et repris en zone neutre, au niveau du composant bouches-conduits g,s .	m ³ /h
$q_{rep,spec}^{g,s}(h)$	Température de l'air soufflé pour le composant bouches-conduits g,s .	°C
$\theta_{air_souffle}^{g,s}(h)$	Humidité de l'air soufflé	kg/kgas
$\omega_{air_souffle}^{g,s}(h)$	Masse volumique de l'air soufflé	kg/m ³
$\rho_{air_souffle}^{g,s}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système	Wh
$W_{vent}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation pour le composant bouches-conduits	Wh
$W_{aux_v}^{g,s}(h)$	Taux d'air neuf du système au pas de temps h.	
$Taux_{AN}(h)$	Consommations électriques liées à l'échangeur (échangeur à roue).	Wh
$W_{ech}(h)$	Besoin d'énergie en prérefroidissement au pas de temps h	Wh
$Q_{prefroid}(h)$	Quantité d'énergie à fournir pour le préchauffage de l'air au pas de temps h	Wh
$Q_{prechaud}(h)$		

$Q_{HR}(h)$	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
$q_{mair_extrait}(h)$	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
$\theta_{out,gl}(h)$	Température de l'eau glycolée en sortie de l'échangeur (entrée puits hydraulique)	°C
Variables internes		
Nom	Description	Unité
$A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ $A_{cond,souf,ext}^{g,s}$	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
$q_{m-AN-occ-cond}^s$	Débit massique d'air neuf de la centrale de ventilation en période d'occupation (incluant les débits de fuite réseau et le coefficient de dépassement des bouches)	kg/s
$q_{m-sou-rafnoc-cond}^s$	Débit massique d'air neuf de la centrale de ventilation en période de surventilation (incluant les débits de fuite réseau et le coefficient de dépassement des bouches)	kg/s
$Aut_{ch}(j)$ $Aut_{fr}(j)$	Indicateur de saison de chauffage et de refroidissement internes à la centrale de ventilation	Bool
$\theta_{inc}^{g,s}(h)$	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)	-
$\theta_{air-out}^{PB}(h)$	Température de l'air sortant de la batterie eau-air du puits hydraulique	°C
$l_{rafnocc_activé}(h)$	Statut effectif du rafraichissement nocturne : 0 : désactivé, 1 : activé.	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 g,s	°C
$\theta_{extrI}^{g,s}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit pour le composant bouches-conduits g,s	°C

variables internes de la centrale	$\theta_{extr1}(h)$	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	
	$\theta_{an}(h)$	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/kgas
	$\theta_{souf3}(h)$	Température de l'air après l'humidificateur direct ou la batterie de prérefroidissement selon les cas	°C
	$\omega_{souf3}(h)$	Humidité de l'air après l'humidificateur direct ou la batterie de prérefroidissement selon les cas	kg/kgas
	$\theta_{souf,mel}(h)$	Température de l'air soufflé après la boîte de mélange	°C
	$\omega_{extr}(h)$	Humidité absolue de l'air repris.	kg/kgas
	$\omega_{souf,mel}(h)$	Humidité de l'air soufflé après la boîte de mélange	kg/kgas
	$\Delta\omega(h)$	Variation d'humidité de l'air soufflé entre avant et après l'étape de refroidissement	kg/kgas
	$\omega_{sat}(h)$	Humidité spécifique à saturation pour l'air soufflé à la température de surface du refroidisseur	kg/kgas
	$\omega_{lim,hum}(h)$	Humidité spécifique limite en sortie de l'humidificateur	kg/kgas
	$\theta_{air,souffle}(h)$	Température de l'air à la sortie de la centrale	°C
	$\omega_{air_souffle}(h)$	Humidité spécifique de l'air à la sortie de la centrale	kg/kgas
	$P_{vent,rep}(h)$ $P_{vent,sou}(h)$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage au pas de temps h	W
	$q_{m,rep}(h)$ $q_{m,sou}(h)$	Débits massiques repris et soufflé de la centrale de ventilation en intégrant les fuites aérauliques, recalculés au pas de temps h.	kg/s
	$q_{m,rep,spec}^{g,s}(h)$ $q_{m,sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	kg/s

Echangeur statique	$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h)$ $q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s.	kg/s
	$q_{m,air\ neuf}(h)$	Débit massique d'air neuf soufflé	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
	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
Puits hydraulique	$\varepsilon_{batt_PH_ch}$ $\varepsilon_{batt_PH_fr}$	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)
Rafraichissement évaporatif	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	
	$\xi_{hum_indir}(h)$ $\xi_{hum_dir}(h)$	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 indirc 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 65 : Nomenclature du modèle

6.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

6.3.3.1 Principe général

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 :

- 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.

Pour les centrales à débit soufflé et extrait constant avec recyclage et batteries régulées en fonction de la température intérieure, La centrale réelle est ainsi représentée 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 prétraitement éventuel.

Elle calcule la consommation électrique des auxiliaires et les consommations impliquées par un prétraitement de l'air. On intègre également les fonctions de free cooling,

- d'un ou plusieurs émetteurs locaux permettant de déterminer les besoins de chauffage et refroidissement. 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 de préchauffage, les batteries terminales le cas échéant et les émetteurs locaux aux générateurs correspondants.

En présence de préchauffage et/ou de prérefroidissement, 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. 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.

Pour l'émetteur local, 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.

On décrit successivement le calcul des débits, des consommations de ventilateur, 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 préchauffage et de prérefroidissement par type de générateur.

Si l'humidificateur d'hiver est de type à vapeur sa consommation est dirigée vers le comptage électrique.

Le modèle tient compte les déperditions thermiques par les conduits.

Les centrales fonctionnent de la façon suivante :

1. en période d'occupation au sens de la ventilation : fonctionnement correspondant au mode occupation des scénarios (débits et taux de renouvellement d'air),
2. en période d'inoccupation au sens de la ventilation : fonctionnement correspondant au mode inoccupation des scénarios (débits et taux de renouvellement d'air).

Toutefois :

- en phase relance du chauffage ou du refroidissement la centrale fonctionne avec les débits correspondant à l'occupation et avec un taux d'air neuf d'inoccupation,
- lorsqu'un besoin de chauffage ou un besoin de refroidissement est détecté la centrale fonctionne au pas de temps suivant avec les débits correspondant à l'occupation et un taux d'air neuf d'inoccupation. Lorsque le besoin cesse, au pas suivant la centrale revient au fonctionnement d'inoccupation.
- 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.

Note : Le changement de régime de fonctionnement en période de relance ou en cas de besoin ne concerne que la centrale à recyclage. Celle-ci est en relation avec l'émission par l'intermédiaire des bouches de soufflage et de reprise.

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.* » (436)

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.* » (437)

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.* » (438)

6.3.3.2.4 Batterie de prérefroidissement et groupes climatisés

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 $\max_{gr} (Is_{climatise}^{gr}) = 0$ 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.* » (439)

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 :

$$Dugd = MAX_{g,s}(Dugd) \quad (440)$$

On en déduit la consommation électrique moyenne des ventilateurs dans le temps en occupation et inoccupation :

$$P_{vent,occ,sou} = \frac{(168 - Dugd).P_{vent,base,sou} + Dugd.P_{vent,pointe,sou}}{168} \quad (441)$$

$$P_{vent,inocc,sou} = P_{vent,occ,sou} \quad (442)$$

$$P_{vent,occ,rep} = \frac{(168 - Dugd).P_{vent,base,rep} + Dugd.P_{vent,pointe,rep}}{168} \quad (443)$$

$$P_{vent,inocc,rep} = P_{vent,occ,rep} \quad (444)$$

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 :

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}^{g,s}}{R_{rep}^{g,s} + 0,02} \quad (445)$$

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 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 ($id_{statut_echangeur} = 1$):** $\varepsilon_{modeCH_saisi} / \varepsilon_{modeFR_saisi}$ 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,

$$\varepsilon_t = 0,9 \times \varepsilon_t \quad (446)$$

- **Statut déclaré ($id_{statut_echangeur_ch} = 0 / id_{statut_echangeur_fr} = 0$):** la valeur est simplement déclarée par le fabricant :

$$\varepsilon_t = MIN(0,8 \times \varepsilon_t ; \varepsilon_{utile_max}) \quad (447)$$

6.3.3.3.4 *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 total en occupation :

$$q_{m-AN-hiv} = q_{m-AN-occ} \quad (448)$$

$$\theta_{air-out-batt_ch} = -10^{\circ}C + \frac{1000 \cdot P_{batt_PH_ch}}{Cp_{air} \cdot q_{m-AN-hiv}} \quad (449)$$

$$\varepsilon_{batt_PH_ch} = \frac{\theta_{air-out-batt_ch} - (-10^{\circ}C)}{10^{\circ}C - (-10^{\circ}C)} \quad (450)$$

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 :

$$q_{m-AN-ete} = q_{m-sou-rafnoc-cond} \quad (451)$$

Sinon, (Type_Surventilation_PH = 0), il s'agit du débit d'air neuf en occupation :

$$q_{m-AN-ete} = q_{m-AN-occ-cond} \quad (452)$$

On en déduit l'efficacité de la batterie :

$$\theta_{air-out-batt_fr} = 30^{\circ}C - \frac{1000 \cdot P_{batt_PH_fr}}{Cp_{air} \cdot q_{m-AN-ete}} \quad (453)$$

$$\varepsilon_{batt_PH_fr} = \frac{30^{\circ}C - \theta_{air-out-batt_fr}}{30^{\circ}C - 10^{\circ}C} \quad (454)$$

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 $\varepsilon_{batt_PH_defaut}$ (0,65) à l'efficacité de la batterie air/eau du puits hydraulique, comme suit :

$$\varepsilon_{batt_PH_ch} = \varepsilon_{batt_PH_fr} = \varepsilon_{batt_PH_defaut} \quad (455)$$

6.3.3.4 Modélisation au pas de temps horaire

6.3.3.4.1 Prise en compte des modes de fonctionnement saisonniers

Les centrales de ventilation possèdent 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* :

$$Aut_{ch}(j) = Aut_{ch,eff}(j) \quad (456)$$

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 $Aut_{fr,eff}(j)$:

$$Aut_{fr}(j) = Aut_{fr,eff}(j) \quad (457)$$

- 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 rafraîchissement passif, selon la relation suivante :

$$Aut_{fr}(j) = \max_{g,s}(Aut_{fr-pro}^{g,s}(j)) \quad (458)$$

6.3.3.4.2 Calcul de la température d'air repris entrant dans la centrale

On définit dans ce paragraphe la température de l'air à la sortie du ventilateur de reprise 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 :

$$\theta_{extr1}^{g,s}(h) = \theta_{i,cond}^{g,s}(h) - (\theta_{i,cond}^{g,s}(h) - \theta_{inc}(h)) \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{3600 \cdot H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \cdot |\rho_i^{gr}(h-1) \cdot q_{rep,cond}^{g,s}(h)|}\right) \right) \quad (459)$$

Avec :

- $\theta_{i,cond}^{g,s}(h)$ la température d'air repris moyenne entre l'air intérieur et l'air infiltré dans le conduits (en °C):

$$\theta_{i,cond}^{g,s}(h) = \frac{q_{spec,rep}^{g,s}(h) \cdot \theta_{i,fin}^{gr}(h-1) + (q_{rep,cond}^{g,s}(h) - q_{spec,rep}^{g,s}(h)) \cdot \theta_{inc}(h)}{q_{rep,cond}^{g,s}(h)} \quad (460)$$

- $\theta_{inc}(h)$ température du local non-chauffé où est situé la centrale (en °C) :

$$\theta_{inc}(h) = (1 - b^{et}) \cdot \theta_{i,fin}^{gr}(h-1) + b^{et} \cdot \theta_{ext}(h) \quad (461)$$

- $H_{cons,rep,ext}$ coefficient de transfert thermique externe du conduit de reprise défini dans g,s (en W/k).

On introduit les débits massiques par bouches-conduits, ainsi que le débit massique total repris au niveau de la centrale, $q_{m,rep}$, en kg/s :

$$q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \times q_{rep,cond}^{g,s}(h) \cdot \rho_i^{gr}(h-1) \quad (462)$$

$$q_{m,rep}(h) = \sum_{g,s \in CTA} q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) \quad (463)$$

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 :

$$\theta_{extr1}(h) = \frac{\sum_{g,s \in CTA} (q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) \cdot \theta_{extr1}^{g,s}(h))}{q_{m,rep}(h)} \quad (464)$$

$$\omega_{extr1}(h) = \frac{\sum_{g,s \in CTA} (q_{m,rep,cond}^{g,s}(h) \cdot \omega_{extr1}^{g,s}(h))}{q_{m,rep}(h)} \quad (465)$$

6.3.3.4.3 *Prise en compte du ventilateur d'extraction*

La puissance absorbée par le ventilateur de reprise est calculée comme suit :

Si $l_{vent}(h) = 1$: occupation OU si $is_{relance}(h) = 1$ OU $is_{besoinCH}(h-1) = \text{vrai}$ ou si $is_{besoinfr}(h-1) = \text{vrai}$, alors,

$$P_{vent,rep}(h) = P_{vent,occ,rep} \quad (466)$$

Sinon,

$$P_{vent,rep}(h) = P_{vent,inocc,rep} \quad (467)$$

Le ventilateur d'extraction est supposé placé à l'entrée de la centrale, avant l'échangeur. Il contribue à élever la température de l'air repris selon la relation suivante :

$$\theta_{extr2}(h) = \theta_{extr1}(h) + \frac{\eta_{el,vent} \cdot P_{vent,rep}(h)}{C_{pa} \cdot q_{m,rep}(h)} \quad (468)$$

L'humidité spécifique n'est pas affectée par le ventilateur de reprise :

$$\omega_{extr2}(h) = \omega_{extr1}(h) \quad (469)$$

6.3.3.4.4 *Rafraichissement évaporatif par humidification indirecte (Type_HR_été = 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. Un échangeur thermique vient ensuite refroidir l'air soufflé, sans que son humidité spécifique soit modifiée.

Le rafraichissement évaporatif n'est actif que si $Aut_{fr}(j) > 0$.

La température et l'humidité de l'air repris après l'humidificateur indirect pour le confort d'été sont calculées comme suit.

La première étape consiste à prendre en compte la régulation du rafraichissement évaporatif en fonction de la température intérieure. Cette étape vise à calculer le taux d'utilisation de l'humidificateur indirect, ξ_{hum_indir} (en %), à chaque pas de temps h

La modélisation de la régulation repose sur la valeur de la température d'air intérieur calculée au pas de temps précédent.

Selon la température, le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct évolue entre 0 et 100%. Le profil choisit pour cette évolution du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect en fonction de $\theta_{i,fin}^s(h-1)$ est un profil à hystérésis basé sur 3 paramètres θ_{i_base} , $\Delta\theta_{i1}$ et $\Delta\theta_{i2}$. Les températures de basculement de ce profil à hystérésis sont définies comme suit :

$$\begin{aligned}
\theta_{hum_1} &= \theta_{i_base} + \Delta\theta_{i1} \\
\theta_{hum_2} &= \theta_{i_base} + \Delta\theta_{i1} + \Delta\theta_{i2}, \\
\theta_{hum_3} &= \theta_{i_base} + \Delta\theta_{i2} \\
\theta_{hum_4} &= \theta_{i_base}
\end{aligned}
\tag{470}$$

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct est le suivant :

$$\begin{aligned}
&Si \theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum_4}, \\
&\quad \xi_{hum_indir}(h) = 0 \\
&Sinon, si \theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum_2}, \\
&\quad \xi_{hum_indir}(h) = 1 \\
&Sinon, si \theta_{i,fin}^s(h-2) \leq \theta_{i,fin}^s(h-1) \text{ (augmentation de température d'air)} \\
&\quad Si \theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum_1}, \\
&\quad \quad \xi_{hum_indir}(h) = \xi_{hum_indir}(h-1) \\
&\quad Sinon, (cas : $\theta_{hum_1} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum_2}$) \\
&\quad \quad \xi_{hum_indir}(h) = \max\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum_1}}{\theta_{hum_2} - \theta_{hum_1}}; \xi_{hum_indir}(h-1)\right) \\
&Sinon, (diminution de température opérative) \\
&\quad Si \theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum_3}, \\
&\quad \quad \xi_{hum_indir}(h) = \xi_{hum_indir}(h-1) \\
&\quad Sinon, (cas : $\theta_{hum_4} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum_3}$) \\
&\quad \quad \xi_{hum_indir}(h) = \min\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum_4}}{\theta_{hum_3} - \theta_{hum_4}}; \xi_{hum_indir}(h-1)\right)
\end{aligned}
\tag{471}$$

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. Pour le dire autrement, il s'agit de déterminer la différence entre l'humidité et 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 :

$$\begin{aligned}
&\Delta\omega = \text{MAX}(0 ; 0,2545.\Theta - 0,3636.1000.\omega) \\
&\Omega = (\Theta + C - 2,5. \Delta\omega).(A - \log(\omega + \Delta\omega)) - B \\
&\quad \text{Tant que } \Omega > 0, \text{ alors,} \\
&\quad \quad \Delta\omega = \Delta\omega + 0,1 \text{ (g/kg as)} \\
&\quad \quad \Omega_{prev} = \Omega \\
&\quad \quad \Omega = (\Theta + C - 2,5. \Delta\omega).(A - \log(\omega + \Delta\omega)) - B \\
&\quad \text{Fin de boucle} \\
&\text{FADIAB}(\Theta, \omega) = \Delta\omega - 0,1. \frac{\Omega}{\Omega - \Omega_{prev}}
\end{aligned}
\tag{472}$$

Où A, B et C sont des constantes empiriques sans unités permettant de lier l'humidité à saturation à la température d'air :

$$A = 18,8161$$

$$B = 4110,34$$

$$C = 235,0$$

(473)

Connaissant le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect $\xi_{hum_indir}(h)$ et son rendement nominal η_{hum_indir} , on calcule l'humidité spécifique et la température d'air en sortie de l'humidificateur de rafraichissement évaporatif :

$$\begin{aligned}\omega_{extr3}(h) &= \omega_{extr2}(h) \\ &+ \eta_{hum,indir} \cdot \xi_{hum,indir} \cdot FADIAB(\theta_{extr2}(h); \omega_{extr2}(h))\end{aligned}\quad (474)$$

$$\theta_{ext3}(h) = \theta_{ext2}(h) - \frac{L_v}{1000 \cdot C_{pa}} \cdot (\omega_{extr3}(h) - \omega_{extr2}(h)) \quad (475)$$

En l'absence d'humidification indirecte, les propriétés de l'air extrait ne sont pas modifiées à cette étape :

$$\omega_{extr3}(h) = \omega_{extr2}(h) \quad (476)$$

$$\theta_{extr,3}(h) = \theta_{extr,2}(h) \quad (477)$$

6.3.3.4.5 Calcul du débit d'air neuf de la CTA

On introduit les débits massiques soufflés par bouches-conduits, ainsi que le débit massique total soufflé au niveau de la centrale, $q_{m,rep}$, en kg/s :

$$q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \times q_{sou,sou}^{g,s}(h) \cdot \rho_{air,souffle}(h - 1) \quad (478)$$

$$q_{m,sou}(h) = \sum_{g,s}^{g,s \in CTA} q_{m,sou,cond}^{g,s}(h) \quad (479)$$

Le débit massique d'air neuf minimal (hygiénique) au pas de temps h est le suivant :

$$q_{m,air_neuf,min}(h) = Taux_{AN,min} \cdot q_{m,sou}(h) \quad (480)$$

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 UAT DF dépend donc de la température de l'air neuf et potentiellement de la température intérieure.

Si $\theta_{an}(h) \leq \theta_{ENC}$, alors,

$$q_{m,air_neuf}(h) = q_{m,air_neuf,min}(h) \quad (481)$$

Sinon, si $\theta_{ENC} < \theta_{an}(h) < \theta_{ENF}$,

$$q_{m,air_neuf}(h) = q_{m,air_neuf,min}(h) + (q_{m,sou}(h) - q_{m,air_neuf,min}(h)) \times \frac{\theta_{an}(h) - \theta_{ENC}}{\theta_{ENF} - \theta_{ENC}} \quad (482)$$

Sinon,

Cas Type_{réglu}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 :

$$q_{m,air_neuf}(h) = q_{m,air_neuf,min}(h) \quad (483)$$

Cas Type_{regul_AN} = « 1) Régulation optimisée » sur la température extérieure et sur la température de reprise. Dans ce second cas, on maintient un débit d'air neuf supérieur au débit minimal en mode refroidissement si la température extérieure est inférieure à la température intérieure :

Si $\theta_{an}(h) < \theta_{i,moy}^{gr}(h)$, alors :

$$q_{m,air_neuf}(h) = q_{m,sou}(h) \quad (484)$$

Sinon,

$$q_{m,air_neuf}(h) = q_{m,air_neuf_min}(h) \quad (485)$$

Au final, le taux d'air neuf effectif au pas de temps h s'exprime de la manière suivante :

$$Taux_{AN}(h) = \frac{q_{m,air_neuf}(h)}{q_{m,sou}(h)} \quad (486)$$

En l'absence de puits climatique ou hydraulique, la température d'air neuf entrant dans la centrale est égale à la température d'air extérieur et le §6.3.3.4.6 ci-dessous est ignoré :

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (487)$$

6.3.3.4.6 Impact d'un puits climatique ou hydraulique sur la température d'air neuf

6.3.3.4.6.1 Puits climatique

Le présent paragraphe n'est appelé que si un puits climatique est connecté à la centrale, c'est-à-dire si $Id_{puits_climatique} > 0$.

Dans ce cas, la température d'air neuf est égale à la température de sortie du puits climatique :

$$\theta_{AN}(h) = \theta_{airout}^{pc}(h) \quad (488)$$

6.3.3.4.6.2 Puits hydraulique

Le présent paragraphe n'est appelé que si un puits climatique est connecté à la centrale, c'est-à-dire si $Id_{puits_hydraulique} > 0$.

A l'issue du calcul de la température d'eau de sortie d'eau du puits hydraulique (voir C_VEN_Puits_hydraulique), on calcule la température d'air neuf corrigée $\theta_{air-out}^{PH}(h)$ 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 :

$$\text{En saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) = 1): \varepsilon_{batt-PH}(h) = \varepsilon_{batt-PH-ch} \quad (490)$$

$$\text{Hors saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) < 1): \varepsilon_{batt-PH}(h) = \varepsilon_{batt-PH-fr}$$

6.3.3.4.7 Prise en compte de l'échangeur air extrait/air neuf et sa régulation

6.3.3.4.7.1 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 températures extérieure et intérieure.

Pour l'activation du bypass de l'échangeur, 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 $\theta_{ext,bypass,hiver}$ 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 $\theta_{ext}(h) < \theta_{i,fin}^{gr}(h-1)$ et $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,bypass,été}$ et $\theta_{i,fin}^{gr}(h-1) > \theta_{int,bypass,été}$, alors,

$$\delta_{bypass}(h) = 1 \quad (491)$$

Sinon,

$$\delta_{bypass}(h) = 0 \quad (492)$$

Version du 04/08/20

6.3.3.4.7.2 Calcul de l'efficacité et de la consommation électrique de l'échangeur

Si $\delta_{bypass}(h) = 1$, alors, le bypass de l'échangeur est activée. L'échangeur n'est pas pris en compte :

$$\varepsilon(h) = 0 \quad (493)$$

$$W_{ech}(h) = 0 \text{ [Wh]}$$

Sinon,

$$W_{ech}(h) = P_{ech} \quad (494)$$

Cas $id_{niveau_détail_échangeur} = 0$: prise en compte détaillée de l'échangeur

$$\begin{aligned} C_{air_rejeté}(h) &= C_{pa} \times q_{m,air_extrait}(h) \\ C_{air_neuf}(h) &= C_{pa} \times q_{m,air_neuf}(h) \end{aligned} \quad (495)$$

$$\begin{aligned} C(h) &= \frac{\min(C_{air_neuf}(h); C_{air_rejeté}(h))}{\max(C_{air_neuf}(h); C_{air_rejeté}(h))} \\ NUT(h) &= \frac{UA}{\min(C_{air_neuf}(h); C_{air_rejeté}(h))} \end{aligned} \quad (496)$$

Cas $id_{type_échangeur} = 1$: écoulements à contre-courant

Si $C(h) = 1$, alors :

$$\varepsilon(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (497)$$

Sinon

$$\varepsilon(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1 - C(h))}}{1 - C(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1 - C(h))}} \quad (498)$$

Cas $id_{type_échangeur} = 2$: écoulements à courants parallèles

$$\varepsilon(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1 + C(h))}}{1 + C(h)} \quad (499)$$

Cas $id_{type_échangeur} = 3$: écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés

$$\varepsilon(h) = \frac{1}{\frac{1}{1 - e^{-NUT(h)}} + \frac{C(h)}{1 - e^{-NUT(h) \cdot C(h)}} - \frac{1}{NUT(h)}} \quad (500)$$

Au final, l'efficacité ramenée aux écarts de températures est la suivante :

$$\varepsilon(h) = \frac{\min(C_{air_neuf}(h); C_{air_rejeté}(h))}{C_{air_neuf}(h)} \times \varepsilon(h) \quad (501)$$

Cas $id_{niveau_détail_échangeur} = 1$: prise en compte simplifiée de l'échangeur

L'efficacité appliquée est constante égale au paramètre défini en préprocesseur.

$$\varepsilon(h) = \varepsilon_t \quad (502)$$

6.3.3.4.7.3 Prise en compte de la sécurité antigel de l'échangeur

Le présent paragraphe n'est pris en compte qu'en présence d'un échangeur de chaleur à efficacité

non-nulle et si $Is_antigel = 1$ (présence de sécurité antigel).

L'algorithme n'est appelé qu'au cours de la saison de chauffage effective ($Aut_{ch,eff}(j)=1$).

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 :

$$\theta_{ech,min}(h) = \theta_{extr3}(h) + \frac{(\theta_{sech_repLIM} - \theta_{extr3}(h))}{\varepsilon} \quad (503)$$

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 66: 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 défini comme suit :

$$\theta_{souf,ag}(h) = MAX(\theta_{AN}(h); \theta_{ech,min}(h)) \quad (504)$$

Le besoin d'énergie pour assurer la fonction antigel est le suivant :

$$Q_{ag}(h) = C_{pa} \times q_{m,Air_Neuf}(h) \times MAX(0; \theta_{souf,ag}(h) - \theta_{AN}(h)) \quad (505)$$

En l'absence de sécurité antigel ($Is_antigel = 0$) ou hors période de chauffage effective ($Aut_{ch,eff}(j)=0$), alors, la température de soufflage est la température d'air neuf :

$$\theta_{souf,ag}(h) = \theta_{AN}(h) \quad (506)$$

Par ailleurs :

$$Q_{ag}(h) = 0 \text{ (W)} \quad (507)$$

6.3.3.4.7.4 Calcul de s températures d'air soufflé et rejeté en sortie de l'échangeur

Les températures d'air soufflé $\theta_{soutf1}(h)$ et rejeté $\theta_{air,rejeté}(h)$ en sortie de l'échangeur sont calculées comme suit :

$$\theta_{soutf1}(h) = \theta_{soutf,ag}(h) + \varepsilon(h) \cdot (\theta_{extr2}(h) - \theta_{soutf,ag}(h)) \quad (508)$$

$$\theta_{air,rejeté}(h) = \theta_{extr2}(h) - \varepsilon(h) \cdot (\theta_{extr2}(h) - \theta_{soutf,ag}(h)) \quad (509)$$

6.3.3.5 Prise en compte de la boîte de mélange

La température $\theta_{soutf,mel}$ et l'humidité spécifique $\omega_{soutf,mel}$ de l'air en sortie de la boîte de mélange sont calculées comme suit :

$$\theta_{soutf,mel}(h) = \frac{(q_{m,sou}(h) - q_{m,air_neuf}(h)) \cdot \theta_{extr3}(h) + q_{m,air_neuf}(h) \cdot \theta_{soutf1}(h)}{q_{m,sou}(h)} \quad (510)$$

$$\omega_{soutf,mel}(h) = \frac{(q_{m,sou}(h) - q_{m,air_neuf}(h)) \cdot \omega_{extr3}(h) + q_{m,air_neuf}(h) \cdot \omega_{soutf1}(h)}{q_{m,sou}(h)} \quad (511)$$

En l'absence de boîte de mélange :

$$\theta_{soutf,mel}(h) = \theta_{soutf,1}(h) \quad (512)$$

$$\omega_{soutf,mel}(h) = \omega_{soutf,1}(h) \quad (513)$$

6.3.3.6 Prise en compte du ventilateur de soufflage

La puissance absorbée par le ventilateur de reprise est calculée comme suit :

Si $I_{vent}(h) = 1$: occupation OU si $is_{relance}(h) = 1$ OU si $is_{besoinCH}(h-1) = \text{vrai}$ ou si $is_{besoinfr}(h-1) = \text{vrai}$, alors,

$$P_{vent,soutf}(h) = P_{vent,occ,soutf} \quad (514)$$

Sinon,

$$P_{vent,soutf}(h) = P_{vent,inocc,soutf} \quad (515)$$

Le ventilateur de soufflage est considéré comme situé entre l'échangeur et la batterie de préchauffage. Il contribue à élever la température de l'air soufflé, selon la relation suivante :

$$T_{soutf2}(h) = T_{soutf,mel}(h) + \frac{3600 \cdot \eta_{el,vent} \cdot P_{vent,soutf}(h)}{C_{pa} \cdot q_{m,sou}(h)} \quad (516)$$

Si $q_{m,souf}(h)$ est nul (inférieur à $1 \cdot 10^{-6}$ kg/s), alors T_{soutf2} est prise égale à $T_{soutf,mel}$.

L'humidité spécifique n'est pas affectée par le ventilateur de soufflage :

$$\omega_{soutf,2}(h) = \omega_{mel}(h) \quad (517)$$

6.3.3.7 Traitement de l'air en saison de chauffage ($Aut_{ch}(j) > 0$)

La batterie de préchauffage et l'humidification d'hiver ne sont prises en compte qu'au cours de la saison de chauffage effectives ($Aut_{ch,eff}(j) = 1$)

6.3.3.7.1 Batterie de préchauffage

La régulation de la batterie de préchauffage repose uniquement sur la température extérieure.

Si $\theta_{ext}(h) < T_{ex,préchaud}$ 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 :

$$T_{soulf,prechaud}(h) = MAX(T_{cons,prechaud}; T_{soulf2}(h)) \quad (^\circ C) \quad (518)$$

$$Q_{prechaud}(h) = C_{pa} \cdot q_{m,sou}(h) \cdot MAX(T_{soulf,prechaud}(h) - T_{soulf2}(h); 0) \text{ (Wh)} \quad (519)$$

Sinon,

$$T_{soulf,prechaud}(h) = T_{soulf2}(h) \quad (520)$$

$$Q_{prechaud}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (521)$$

6.3.3.7.2 Humidificateur en fonctionnement hiver ($Is_ChaudHR = 1$: oui)

La fonction humidification est considérée active uniquement au cours de la saison de chauffage ($Aut_{ch,eff}(j)=1$). On distingue deux typologies d'humidificateurs pour la modélisation : à vapeur ou à pulvérisation, ruissellement ou évaporation. Ainsi :

Pour un humidificateur à vapeur (Type_Humidification = 0) :

On calcule l'humidité spécifique à saturation $\omega_{lim,hum}$ en considérant que l'humidification se fait de manière isotherme. La relation utilisée est la relation empirique suivante :

$$\omega_{lim,hum}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(A - \frac{B}{T_{soulf,prechaud}(h) + C}\right) \quad (522)$$

Où A, B et C sont des constantes empiriques définies dans le Tableau 65.

Soit w_{cons} , la consigne d'humidification sur l'air soufflé en kg/kg d'air sec et $w_{soulf,2}(h)$, l'humidité spécifique de l'air entrant dans l'humidificateur. L'humidité spécifique en sortie de l'humidificateur $w_{soulf,hum}(h)$ est calculée de la manière suivante :

$$\omega_{soulf,hum}(h) = MIN[\omega_{lim,hum}(h); MAX(\omega_{soulf2}(h); \omega_{cons})] \quad (523)$$

La température d'air est considérée comme non-affectée par le passage dans l'humidificateur à vapeur :

$$T_{soulf,hum}(h) = T_{soulf,prechaud}(h) \text{ (Wh)} \quad (524)$$

Enfin, la quantité d'énergie à fournir pour l'humidification de l'air soufflé est la suivante :

$$Q_{HR}(h) = q_{m,sou}(h) \cdot L_v \cdot MAX(\omega_{soulf,hum}(h) - \omega_{soulf2}(h); 0) \text{ (Wh)} \quad (525)$$

Pour un 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 $\omega_{lim,hum}$ 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 (472) pour la déterminer :

$$\omega_{lim,hum}(h) = \omega_{mel}(h) + \eta_{hum} \cdot FADIAB(\theta_{soulf,prechaud}(h), \omega_{soulf,2}(h)) \quad (526)$$

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 :

$$\omega_{sout, hum}(h) = MIN[\omega_{lim, hum}(h); MAX(\omega_{sout2}(h); \omega_{cons})] \quad (527)$$

$$\theta_{sout,3}(h) = \theta_{sout,prechaud}(h) - \frac{Lv}{Cpa} \cdot (\omega_{sout, hum}(h) - \omega_{sout2}(h)) \quad (528)$$

Par ailleurs, la quantité d'énergie pour le processus d'humidification en lui-même est nulle :

$$Q_{HR}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (529)$$

En l'absence d'humidificateur, la température et l'humidité spécifique de l'air sortant sont égales à celles de l'air entrant :

$$\theta_{sout,3}(h) = \theta_{sout,prechaud}(h) \quad (530)$$

$$\omega_{sout,3}(h) = \omega_{sout2}(h) \quad (531)$$

$$Q_{HR}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (532)$$

6.3.3.8 *Traitement de l'air en saison de refroidissement ($Aut_{fr}(j) > 0$)*

La présence d'une fonction de rafraichissement 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 au §6.3.3.8.1 et au §6.3.3.8.2 ne peuvent pas avoir lieu sur un même pas de temps donné.

6.3.3.8.1 *Batterie de prérefroidissement*

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 $\theta_{ext}(h) > T_{ex,préroid}$ 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 calculer 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 :

$$\theta_{batt}(h) = \theta_{dim,fr} + 2^\circ C \quad (533)$$

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) :

$$BP(h) = MIN\left(1; \frac{T_{cons,préroid} - \theta_{batt}(h)}{\theta_{sout,2}(h) - \theta_{batt}(h)}\right) \quad (534)$$

Ensuite, on calcule l'humidité spécifique de saturation de l'air à la température de surface de la batterie θ_{batt} :

$$\omega_{sat}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(A - \frac{B}{\theta_{batt}(h) + C}\right) \quad (535)$$

La variation d'humidité spécifique de l'air au travers de la batterie de prérefroidissement est la

suivante :

$$\Delta\omega_{fr}(h) = \text{MIN}(\omega_{sat}(h) - \omega_{souf,2}(h); 0) \cdot (1 - BP(h)) \quad (536)$$

Au final, on en déduit la température et l'humidité spécifique en sortie de la batterie de prérefroidissement :

$$\omega_{souf,3}(h) = \omega_{souf,2}(h) - \Delta\omega_{fr}(h) \quad (537)$$

$$T_{souf,3}(h) = T_{souf,2}(h) - \text{MAX}(T_{souf,2}(h) - T_{cons,prefroid}; 0) \quad (538)$$

La quantité d'énergie à fournie pour la fonction prérefroidissement est calculée comme suit :

$$Q_{prefroid}(h) = q_{m,sou}(h) \cdot [C_{pa} \cdot \text{MAX}(T_{souf,2}(h) - T_{souf,prechaud}(h); 0) + L_v \cdot \Delta\omega_{fr}(h)] (\text{Wh}) \quad (539)$$

Sinon, la fonction de prérefroidissement est désactivée. On a alors :

$$T_{souf,3}(h) = T_{souf,2}(h) \quad (540)$$

$$\omega_{souf,3}(h) = \omega_{souf,2}(h) \quad (541)$$

$$Q_{prefroid}(h) = 0 (\text{Wh}) \quad (542)$$

6.3.3.8.2 *Rafrachissement évaporatif de l'air par humidification directe (Type_HR_été = 1)*

A l'instar du rafraichissement par humidification indirecte, on calcule tout d'abord un taux d'utilisation, de l'humidificateur, $\xi_{hum}(h)$, en fonction de la température opérative intérieure moyenne des locaux rafraichis. L'algorithme est indentique à l'humidification indirecte, voir équations (470) et (471).

Connaissant le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct, on peut déterminer l'humidité spécifique et la température en sortie de l'humidificateur :

$$\omega_{souf,3}(h) = \omega_{souf,2}(h) + \eta_{humdir} \cdot \xi_{humdir}(h) \cdot \text{FADIAB}(T_{souf,2}(h); \omega_{souf,2}(h)) \quad (543)$$

$$T_{souf,3}(h) = T_{souf,2}(h) - \frac{L_v}{C_{pa}} \cdot (\omega_{souf,3}(h) - \omega_{souf,2}(h)) \quad (544)$$

6.3.3.9 *Calcul de la température d'air soufflé dans les locaux*

La température et l'humidité spécifique en sortie de la CTA sont prises égales à à celles en sortie de l'humidificateur :

$$T_{air,souffle}(h) = T_{souf,3}(h) \quad (545)$$

$$\omega_{air,souffle}(h) = \omega_{souf,3}(h) \quad (546)$$

La masse volumique de l'air soufflé est calculée par la relation suivante :

$$\rho_{air,souffle}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{273 + T_{air,souffle}(h)} \quad (547)$$

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 bouces-conduits g,s associé à la centrale :

$$T_{air,souffle}^{g,s}(h) = T_{air,souffle}(h) - \left(T_{air,souffle}(h) - \theta_{inc}(h) \right) \cdot \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \cdot H_{cons,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \cdot \rho_{air,souffle}(h) \cdot q_{souffle,cond}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (548)$$

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 :

$$\omega_{air,souffle}^{g,s}(h) = \omega_{air,souffle}(h) \quad (549)$$

6.3.3.10 Calcul des consommations d'énergie des auxiliaires par groupe

La consommation totale des ventilateurs de la centrale W_{vent} , en Wh, est calculée comme suit :

$$W_{vent}(h) = P_{vent,rep}(h) + P_{vent,sou}(h) \quad (550)$$

On ramène ensuite la consommation à chacun des groupes desservis au prorata des débits massiques soufflés par la centrale :

$$W_{aux,v}^{gr}(h) = \frac{\sum_{g,s} q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)}{q_{m,sou}(h)} \cdot (W_{vent}(h) + W_{ech}(h)) \quad (551)$$

6.4 C VEN Mécanique Basse-Pression

6.4.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithmique 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 proposition repose sur la modélisation simplifiée d'un système de ventilation à débit constant décrite en Figure 75 (EN NF 15241).

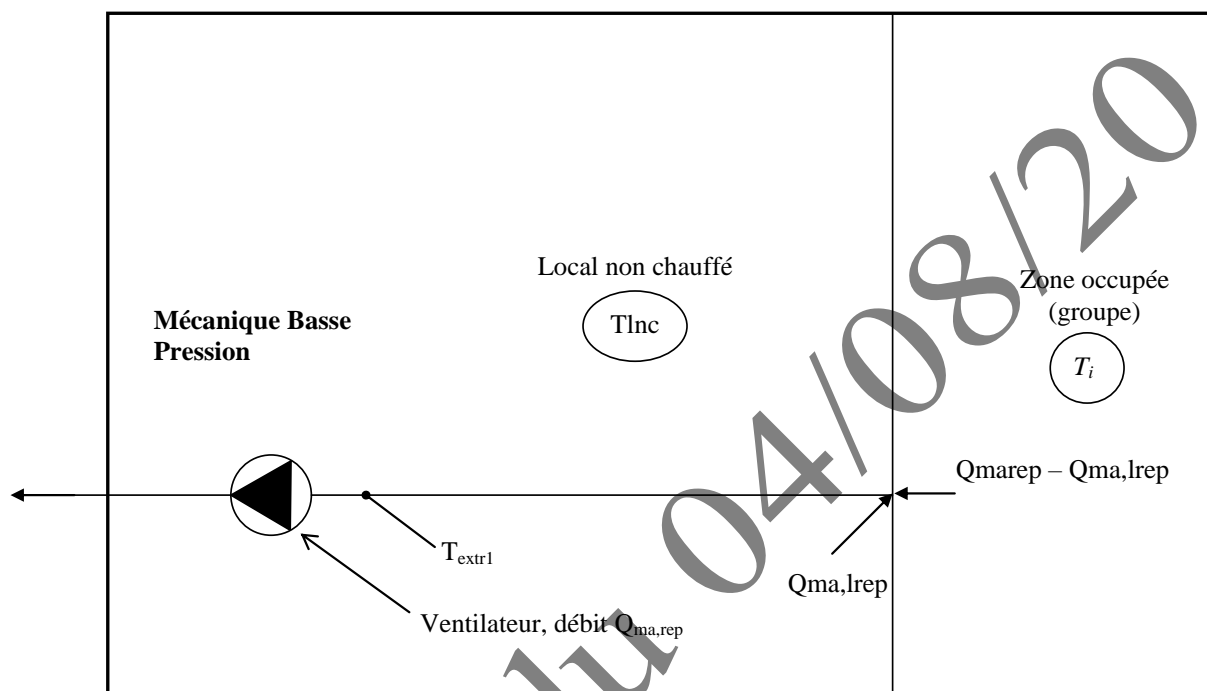


Figure 75 Modélisation d'un système de ventilation Mécanique Basse Pression

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 67 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	m ³ /h
$q_{rep,cond}^{g,s}$	Débit repris par le système S en tenant compte des conduits	m ³ /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	m ²
R_{rep}	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors volume chauffé	m ² K/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_{extr1}	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit	°C
T_{extr2}	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 67 : 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

$$Dugd_{equ} = \max(Dugd^s; \text{ sur l'ensemble des bouches du système}) \quad (552)$$

$$P_{vent} = \frac{P_{ventpint e} \times Dugd_{equ} + P_{ventbase} \times (168 - Dugd_{equ})}{168} \quad (553)$$

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.

$$C_{vent} = P_{vent} \quad (554)$$

6.4.4.3 Calcul des températures de l'air

Température après impact pertes du conduit :

$$T_{extr1}^{g,s} = \theta_{i,cond} - (\theta_{i,cond} - T_{Lnc}) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times \rho_{i,g} \times (abs(q_{rep,cond}^{g,s}))} \right) \right) \quad (555)$$

Avec

$$\theta_{i,cond} = \frac{q_{spec_repris}^{g,s} * \theta_{i,fin}^g + (q_{rep,cond}^{g,s} - q_{spec_repris}^{g,s}) * T_{Lnc}}{q_{rep,cond}^{g,s}} \quad (556)$$

$$T_{Lnc} = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin} + b \times \theta_{ext} \quad (557)$$

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}^{g,s}}{R_{rep}^{g,s} + 0.02} \quad (558)$$

$$A_{cond,rep,ext}^{g,s} = (1 - Ratfuitevc) \times A_{cond,rep}^{g,s} \quad (559)$$

Température après impact ventilateur d'extraction :

$$T_{extr2}^{g,s} = T_{extr1}^{g,s} + \frac{3600 \times pel \times P_{vent}}{C_{pa} \times \rho_{i,g} \times abs(q_{rep,cond}^{g,s})} \quad (560)$$

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 proposition repose sur la modélisation simplifiée d'un système de ventilation à débit constant décrite en Figure 72 (EN NF 15241).

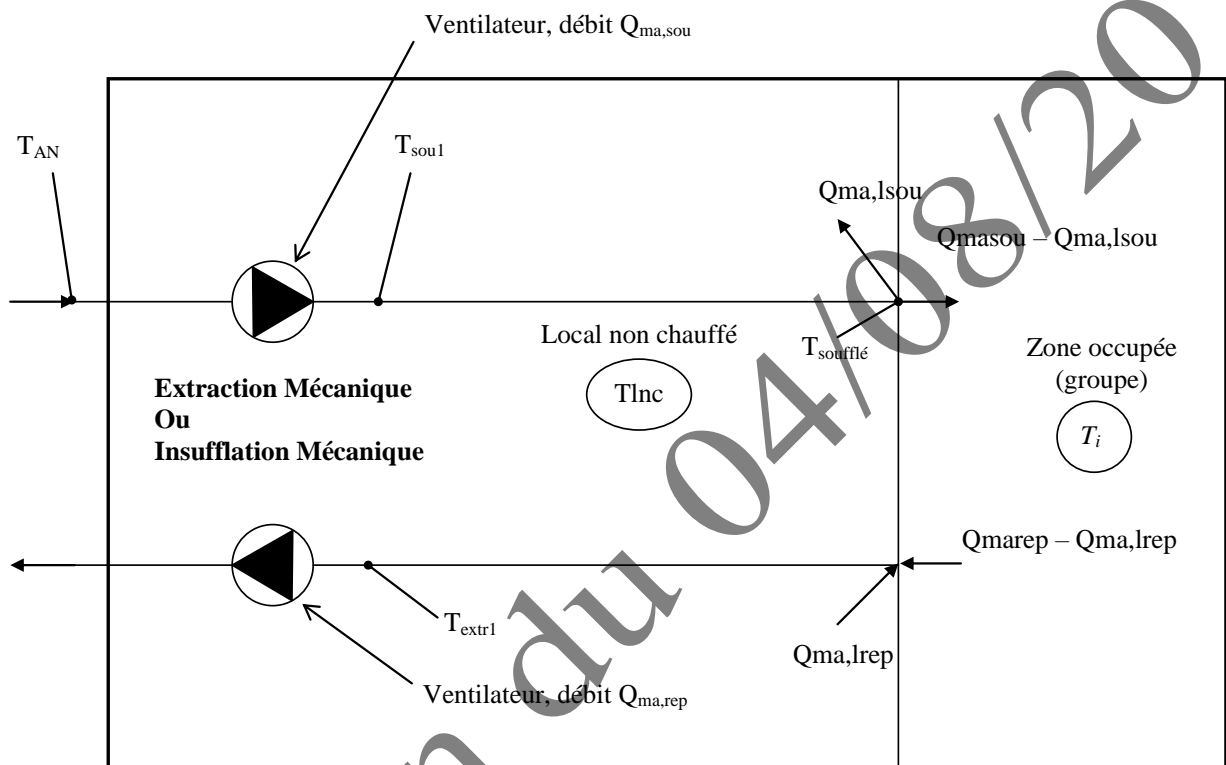


Figure 76. Modélisation d'un système de ventilation Mécanique Simple Flux par Insufflation ou par Extraction

6.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 68 donne la nomenclature des différentes variables.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
I_{vent}	Indicateur de ventilation de la zone (Occ / Inocc)	Bool
$Is_{conf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	Bool
$q_{spec_repris}^{g,s}$	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
$q_{rep,cond}^{g,s}$	Débit repris par le système S en tenant compte des conduits	m ³ /h
$q_{soufflé,cond}^{g,s}$	Débit soufflé par le système S en tenant compte des conduits	m ³ /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
Q^{PH}	Débit de l'eau glycolée dans le puits hydraulique au pas de temps h (<i>Puits hydraulique</i>)	m ³ /h
$\theta_{eau,out}^{PH}$	Température de l'eau glycolée après passage dans le puits hydraulique (= température d'entrée dans l'échangeur air/eau)	°C
Dugd	Durée d'Utilisation du Grand Débit exprimée en h/semaine	h
T_{air_out}	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/m ³
$Isaison^{GR}$	indicateur de la saison pour chaque groupe connecté	-
Cvent_pc	consommation du ventilateur du puits climatique	W
$CTRL_{vent,grandde}^{gs}$	Paramètre de contrôle-commande de l'utilisation du grand débit en résidentiel pour le composant bouche-conduit g,s	- 0 1

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	W	0	+∞	-

	ou de reprise en occupation en non résidentiel				
Pventinocc	Puissance électrique du ventilateur de soufflage ou de reprise en non résidentiel en inoccupation	W	0	$+\infty$	
Pventbase	Puissance électrique du ventilateur en résidentiel en base	W	0	$+\infty$	
Pventpointe	Puissance électrique du ventilateur en résidentiel en pointe	W	0	$+\infty$	
$I_{climatique}$	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	-
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	$+\infty$	
$A_{cond,soufflé}^{g,s}$	Surface du conduit de soufflage	m ²	0	$+\infty$	
R_{rep}	Résistance thermique de la partie du conduit de reprise située hors du volume chauffé	m ² K/W	0	$+\infty$	
R_{souf}	Résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors du volume chauffé	m ² K/W	0	$+\infty$	
$I_{Typologie}$	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.
niveau_detail_echangeur_PH	nature de la représentation de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique : 0 : représentation détaillée 1 : représentation simplifiée	-	-	-	-
ϵ_{PH}	Efficacité de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation simplifiée : calculée en s'appuyant sur une certification, une mesure ou sur la déclaration du fabricant	ad	0	1	-
UA_{echPH}	Coefficient d'échange global de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation détaillée	W/K	-	-	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Cpa	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006
η_{pel}	Rendement des ventilateurs	-	0,8
ρ_{eau_gl}	Masse volumique de l'eau glycolée (Puits hydraulique)	Kg/m ³	1040
Cp_{eau_gl}	Capacité calorifique de l'eau glycolée (Puits hydraulique)	J/(kg.K)	3751

Variables internes

Nom	Description	Unité
Pvent	Puissance des ventilateurs	W
Pvent ^g	Puissance des ventilateurs du groupe	W
$T_{extr1}^{g,s}$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit	°C
T_{extr1}^s	Température de l'air extrait avant impact du ventilateur du système de ventilation S	°C
T_{extr2}^s	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction du système de ventilation S	°C
T_{souf1}^s	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur du système de ventilation S	°C
T_{souf2}^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}	Variable intermédiaire - Température de l'air neuf	°C
T_{air_outPH}	Température de l'air neuf en sortie de l'échangeur air/eau glycolée du puits climatique	°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
Dugd _{equ}	Durée d'Utilisation équivalente du Grand Débit exprimée en h/semaine lorsqu'il y a plusieurs bouches	h
$C_{air_neuf_total}$	Débit total capacitif de l'air neuf avant distribution aux différents systèmes s desservis par le puits hydraulique	W/K
C_{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	-
NUT _{PH}	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-
$\epsilon_{PHutile_max}$	Efficacité maximale de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique en l'absence de valeurs certifiés ou déclarés.	

$$\varepsilon_{PHutile\ max} = 0,50$$

 ε_{echPH}

Efficacité de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation détaillée

Sorties

Nom	Description	Unité
$q_{spec_repris}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris au niveau du groupe	m ³ /h
$q_{spec_souffle}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé au niveau du groupe	m ³ /h
$T_{air_souffle}^{g,s}$	Température de l'air soufflé dans le groupe (en provenance de l'extérieur ou d'autres groupes)	°C
$\omega_{air_souffle}^{g,s}$	Humidité de l'air soufflé dans le groupe (en provenance de l'extérieur)	g/kgas
Cvent	Consommation des ventilateurs de la zone	W
Cvent ^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
Isaison ^S	Indicateur de saison vu de la centrale	-
Qm _{air_extrait}	Débit d'air rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s
T _{air_extrait}	Température de l'air rejeté par la centrale, température utilisée pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	°C
$\rho^{gs}_{air_soufflé}$	Masse volumique de l'air soufflé dans les groupes	kg/m ³
Hvent	déperditions par la ventilation	W/K
$\theta_{out_gl}^{echangeur}$	Température de l'eau glycolée en sortie de l'échangeur (entrée puits hydraulique)	°C

Tableau 68 : 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 Définition des puissances des ventilateurs

6.5.3.1.1 En non résidentiel

Ventilation Mécanique Simple flux par extraction

$$Isouf = 0$$

$$\text{Si } I_{vent} = \text{vrai} \quad P_{vent} = P_{ventocc} \quad (561)$$

$$\text{Si } I_{vent} = \text{faux} \quad P_{vent} = P_{ventinocc} \quad (562)$$

Ventilation Mécanique Simple flux par insufflation

$$Isouf = 1$$

$$\text{Si } I_{vent} = \text{vrai} \quad P_{vent} = P_{ventocc} \quad (563)$$

$$\text{Si } I_{vent} = \text{faux} \quad P_{vent} = P_{ventinocc} \quad (564)$$

6.5.3.1.2 En résidentiel, quel que soit I_{vent}

$$Dugd_{equ} = \max(Dugd^s; \text{sur l'ensemble des bouches du système}) \quad (565)$$

$$CTRL_{vent,granddebit} = MAX_{g,s}(CTRL_{vent,granddebit}^{g,s}) \quad (566)$$

$$P_{vent}(h) = (P_{vent,pointe} \times CTRL_{vent,granddebit}(h) + P_{vent,base} \times (1 - CTRL_{vent,granddebit}(h))) \quad (567)$$

Ventilation Mécanique Simple flux par extraction

$$Isouf = 0 \text{ et quel que soit } I_{vent}$$

$$P_{vent} = \frac{P_{ventpointe} \times Dugd_{equ} + P_{ventbase} \times (168 - Dugd_{equ})}{168} \quad (568)$$

En résidentiel et en non résidentiel, la répartition par groupe est définie comme suit :

$$P_{vent}^g = \frac{P_{vent} \times q_{spec_repris}^{g,s}}{\sum_s (q_{spec_repris}^{g,s})} \quad (569)$$

Ventilation Mécanique Simple flux par insufflation

Isouf = 1 et quel que soit lvent

$$P_{vent} = \frac{P_{ventpointe} \times Dugd_{equ} + P_{ventbase} \times (168 - Dugd_{equ})}{168} \quad (570)$$

En résidentiel et en non résidentiel, la répartition par groupe est définie comme suit :

$$P_{vent}^g = \frac{P_{vent} \times q_{spec_soufflé}^{g,s}}{\sum_s (q_{spec_soufflé}^{g,s})} \quad (571)$$

Version du 04/08/20

6.5.3.2 Calcul des consommations électriques de ventilateur

La consommation (Wh) consiste à sommer les puissances (en Watt) qui sont évaluées à chaque heure.

$$C_{vent} = P_{vent} \quad (572)$$

La consommation est définie par groupe de la façon suivante :

$$C_{vent}^g = P_{vent}^g \quad (573)$$

6.5.3.3 Calcul des températures de l'air

6.5.3.3.1 Simple flux par extraction : Températures à l'extraction

Température après impact des pertes de conduit :

$$T_{extr1}^{g,s} = \theta_{i,cond} - (\theta_{i,cond} - T_{Lnc}) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times \left(\text{abs}(\rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s}) \right)} \right) \right) \quad (574)$$

Avec :

$$\theta_{i,cond} = \frac{q_{spec_repris}^{g,s} * \theta_{i,fin}^g + (q_{rep,cond}^{g,s} - q_{spec_repris}^{g,s}) * T_{Lnc}}{q_{rep,cond}^{g,s}} \quad (575)$$

$$T_{Lnc} = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin} + b \times \theta_{ext} \quad (576)$$

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}}{R_{rep}^{g,s} + 0.02} \quad (577)$$

$$A_{cond,rep,ext} = (1 - \text{Ratfuitevc}) \times A_{cond,rep}^{g,s} \quad (578)$$

Afin de prévoir le cas où plusieurs conduits d'extraction sont reliés au groupe d'extraction du système de ventilation S, on définit :

$$T_{extr1}^s = \frac{\sum_g (T_{extr1}^{g,s} \times \rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s})}{\sum_g (\rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s})} \quad (579)$$

Température après impact du ventilateur d'extraction :

$$T_{extr2}^s = T_{extr1}^s + \frac{3600 \times pel \times P_{vent,rep}}{C_{pa} \times \text{abs}(\sum_g (\rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s}))} \quad (580)$$

Débit et température de l'air extrait, utilisés pour les machines thermodynamiques sur l'air extrait.

$$T_{air_extrait} = T_{extr2}^s \quad (581)$$

$$q_{m,air_extrait}^s = 3600^{-1} \times \sum_g \rho_{i,g,prev} \times q_{rep,cond}^{g,s} \quad (582)$$

$$H_{vent} = q_{m,air_extrait}^s \times C_{pa}$$

6.5.3.3.2 Simple flux par insufflation : Température de l'air soufflé

Dans le cas où l'air neuf transite par un **puits climatique** avant d'arriver au réseau d'amenée d'air neuf, on a $I_{climatique} = \text{vrai}$. Dans le cas contraire, $I_{climatique} = \text{Faux}$.

Si $I_{climatique} = \text{vrai}$, alors on définit :

$$T_{AN} = T_{air_out} \quad (583)$$

Si $I_{climatique} = \text{Faux}$, alors on définit :

$$T_{AN} = \theta_{ext} \quad (584)$$

Dans le cas où l'air neuf transite par un puits hydraulique (après passage préalable ou non dans un puits climatique), on a $I_{hydraulique} = vrai$. Dans le cas contraire $I_{hydraulique} = Faux$.

Si $I_{hydraulique} = vrai$ et $I_{sconfadapt}(h) = vrai$ et $Q^{PH}(h) > 0$, alors le puits hydraulique est en fonctionnement et l'air entrant passe par un échangeur air/eau glycolée avant d'être réparti entre les différentes CTA. L'échange est modélisé de la façon suivante :

Si niveau détail échangeur PH=0, prise en compte détaillée de l'échangeur :

$$C_{air_neuf_total}(h) = C_{pa} \times \sum_s q_{m,air_neuf}^s \quad (585)$$

$$C_{eau_PH}(h) = C_{p_eau_gl} \times \rho_{eau_gl} \times 3600^{-1} \times Q^{PH}(h) \quad (586)$$

$$C_{PH} = \frac{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))}{\max(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))} \quad (587)$$

$$NUT_{PH} = \frac{UA_{echPH}}{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))} \quad (588)$$

Si $C_{eau_PH} < C_{air_neuf_total}$

$$\varepsilon_{echPH} = \frac{1}{C_{PH}} \{1 - \exp[-C_{PH} \times (1 - e^{-NUT})]\} \quad (589)$$

Si $C_{eau_PH} > C_{air_neuf_total}$

$$\varepsilon_{echPH} = 1 - \exp\left\{-\frac{1}{C_{PH}} [1 - e^{-NUT \cdot C_{PH}}]\right\} \quad (590)$$

Noté : Le coefficient global de l'échangeur, UA_{echPH} , peut être déterminé à partir d'une performance, ε , mesurée pour des débits connus.

La température de l'air en sortie d'échangeur, $T_{air_out_PH}$, est alors la suivante :

$$T_{air_out_PH}(h) = T_{AN}(h) + \varepsilon_{echPH} * (\theta_{eau_out}^{PH}(h) - T_{AN}(h)) \times \frac{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))}{C_{air_neuf_total}(h)} \quad (591)$$

Le puits hydraulique a également besoin de connaître la température de l'eau glycolée en sortie d'échangeur $\theta_{out_gl}^{echangeur}$ afin de pouvoir amorcer le calcul au pas de temps suivant.

$$\theta_{out_{gl}}^{echangeur}(h) = \theta_{eau_{out}}^{PH}(h) + \varepsilon_{echPH} * (T_{AN}(h) - \theta_{eau_{out}}^{PH}(h)) \times \frac{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))}{C_{eau_PH}(h)} \quad (592)$$

Si niveau détail échangeur PH=1, prise en compte simplifiée de l'échangeur :

Utilisation du paramètre efficacité de l'échangeur du puits hydraulique : ε_{PH}

Note : Comme pour les autres échangeurs. L'efficacité ε_{PH} prend une des valeurs suivantes :

- La valeur issue d'une certification,
- $\varepsilon_{PH} = 0.9 \times \varepsilon_{PHmes}$, ε_{PHmes} étant une valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant,
- $\varepsilon_{PH} = \min(0.8 \times \varepsilon_{PHdecl}, \varepsilon_{PHutile_max})$, ε_{PHdecl} étant la valeur déclarée par le fabricant.

$$T_{air_out_{PH}}(h) = T_{AN}(h) + \varepsilon_{PH} * (\theta_{eau_{out}}^{PH}(h) - T_{AN}(h)) \quad (593)$$

Pour tous les systèmes s reliés au puits hydraulique, on a alors :

$$T_{AN}^s = T_{air_out_{PH}} \quad (594)$$

Sinon

(absence de puits hydraulique)

$$T_{AN}^s = T_{AN} \quad (595)$$

Fin si

Température après impact du ventilateur de soufflage :

$$T_{sou1}^s = T_{AN}^s + \frac{3600 \times pel \times P_{vent}}{C_{pa} \times abs \left(\sum \left(\rho_{air_souffle,prev}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right) \right)} \quad (596)$$

La température après impact des pertes du réseau de soufflage situé hors volume chauffé

$$T_{sou2}^{g,s} = T_{sou1}^s - (T_{sou1}^s - T_{Lnc}) \times \left(1 - exp \left(- \frac{3600 \times H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times \rho_{air_souffle,prev}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s}} \right) \right) \quad (597)$$

Avec

$$T_{Lnc} = (1 - b) \times \theta_{i,g,fin} + b \times \theta_{ext} \quad (598)$$

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,souf,ext}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0.02} \quad (599)$$

$$A_{cond,souf,ext} = (1 - Ratfuitevc) \times A_{cond,souf}^{g,s} \quad (600)$$

La température de l'air soufflé dans le groupe par le système S est définie comme suit :

$$T_{air_soufflé}^{g,s} = T_{sou2}^{g,s} \quad (601)$$

L'humidité de l'air soufflé est :

$$\omega_{air_soufflé}^{g,s} = \omega_{e,ext} \quad (602)$$

Masse volumique de l'air soufflé

$$\rho_{air_souffle}^{g,s} = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + T_{air_souffle}^{g,s})} \quad (603)$$

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 :

$$\theta_{i,fin}^s = \frac{\sum_{g}^{zone} \left(\theta_{i,fin}^{g,s} \times \rho_{air_souffle}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right)}{\sum_{g}^{zone} \left(\rho_{air_souffle}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right)} \quad (604)$$

$$H_{vent} = C_{pa} \times abs \left(\sum \left(\rho_{air_souffle}^{g,s} \times q_{soufflé,cond}^{g,s} \right) \right) \quad (605)$$

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.

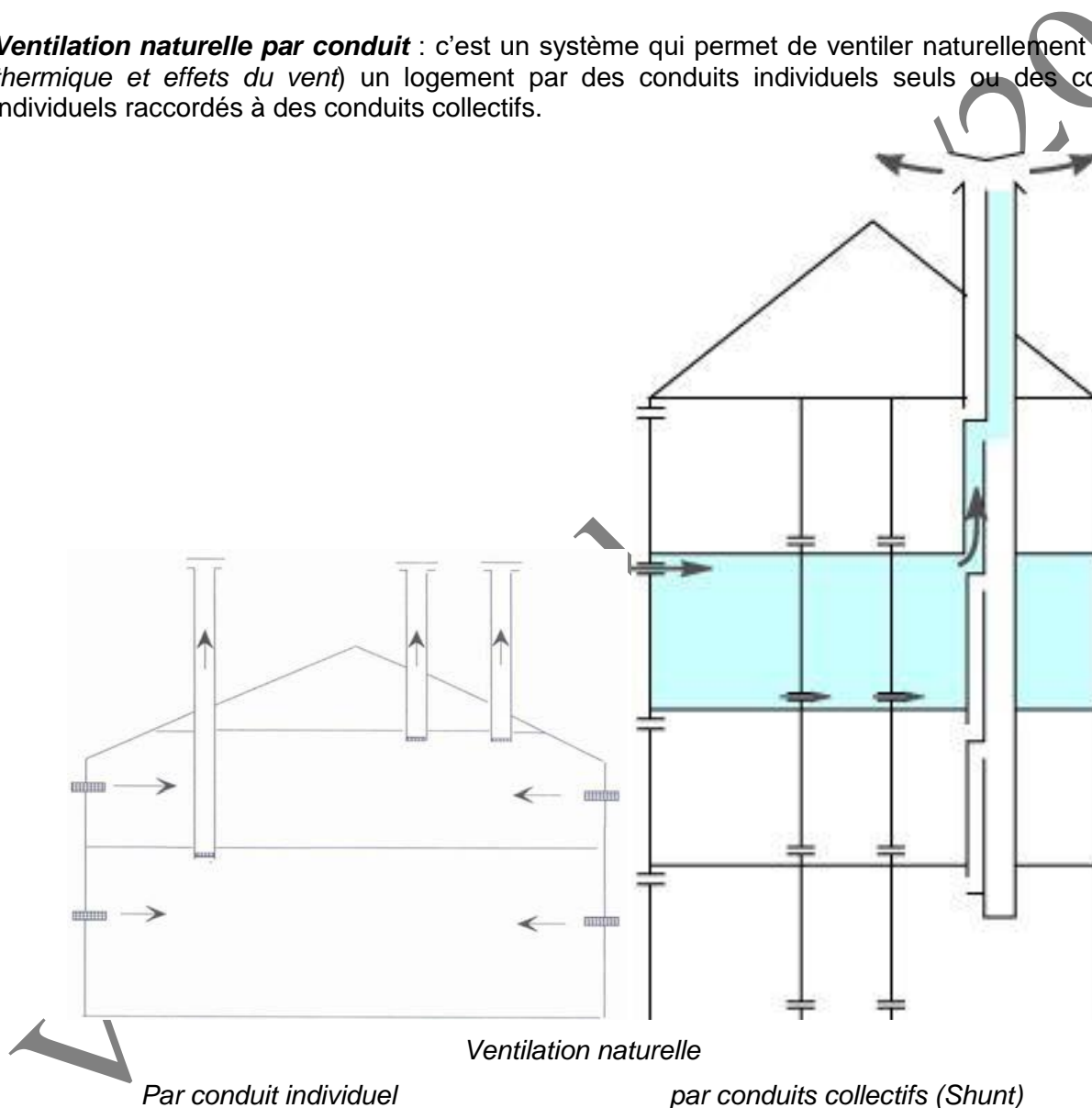


Figure 77 Schématisation de système de ventilation naturelle par conduit

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 69 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 « $C_Bat_Débits\ d'air\ en\ Cep$ »). 0 : pas de transferts verticaux entre niveaux 1 : transferts verticaux possibles entre niveaux	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_{reg}) d'activation de l'assistance mécanique (voir Tableau 71).	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 conduit	$dP_{bouche}(h)$	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
	$q_{vr,bouches}(h)$	Débit volumique repris total au niveau des bouches, sans prise en compte des fuites du réseau.	m^3/h
	$q_{vr,cond}(h)$	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 69 : 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 :

$$F(q_{v,cond}) = dP_{extr,s} + dP_{cond} + dP_{coude} + dP_{bouche} - dP_{mot} = 0 \quad (606)$$

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 cm^2 (les sections seront converties en m^2 pour le logiciel).

$$A_{boucheeq} = 0.0001 \times \frac{Dugd \times (A_{sect_pointe}) + (168 - Dugd) \times (A_{sect_base})}{168} \quad (607)$$

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 :

$$q_{v,fuites,dPref} = 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{ref}^{0.667} \quad (608)$$

$$q_{v,bouche,dPref} = 3600 \times C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}} \times dP_{ref} \right)^{0.5} \quad (609)$$

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 :

$$dP_{bouche} = dP_{ref} \times \frac{q_{v,cond} \times ABS(q_{v,cond})}{(q_{v,bouche,dPref} + q_{v,fuites,dPref})^2} \quad (610)$$

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 (m^3/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 70 : 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 :

$$q_{v,fuites,dPj} = 3600 \times K_{res} \times A_{cond} \times dP_j^{0.667} \quad (611)$$

Si $q_{v,cond} > q_{v,max} + q_{v,fuites,dP6}$, alors,

$$q_{v,fuites,dPref} = q_{v,fuites,dP6}$$

$$dP_{bouche} = dP_{max} \times \left(\frac{q_{v,cond}}{q_{v,max} + q_{v,fuites,dPref}} \right)^2 \quad (612)$$

Sinon, si $q_{v,cond} \leq q_{v,0}$, alors, (*refoulement*)

$$q_{v,fuites,dPref} = q_{v,fuites,dP1}$$

$$dP_{bouche} = -dP_1 \times \left(\frac{q_{v,cond}}{q_{v,1} + q_{v,fuites,dPref}} \right)^2 \quad (613)$$

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,

$$q_{v,fuites,dPref} = q_{v,fuites,dP1}$$

$$dP_{bouche} = dP_1 \times \left(\frac{q_{v,cond}}{q_{v,1} + q_{v,fuites,dPref}} \right)^2 \quad (614)$$

Sinon,

Soit l'indice entier j correspondant aux colonnes du tableau 2 :

$j = 1$

Tant que $q_{v,cond} > q_{v,j} + q_{v,fuites,dPj}$, faire,

$j = j + 1$;

Fin du « tant que »

$$dP_{bouche} = dP_{j-1} + \frac{dP_j - dP_{j-1}}{q_{v,j} + q_{v,fuites,dPj} - q_{v,j-1} - q_{v,fuites,dPj-1}} \times (q_{v,cond} - q_{v,j-1} - q_{v,fuites,dPj-1}) \quad (615)$$

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 :

$$A_{section,cond} = \frac{Per_{cond}^2}{4\pi} \quad (616)$$

Le diamètre du conduit est défini comme suit :

$$D_{cond} = \frac{4 \times A_{section,cond}}{Per_{cond}} \quad (617)$$

La vitesse de l'air dans le conduit est définie comme suit :

$$v_{cond,s} = \frac{q_{v,rep,cond}}{A_{section,cond} \times 3600} \quad (618)$$

Les pertes de charges linéaires du conduit sont aussi calculées :

$$dP_{cond} = 0.5 \times \lambda_{cond,i} \times \left(\frac{h_{cond}}{D_{cond}} \right) \times \rho_{int} \times v_{cond,s} \times abs(v_{cond,s}) \quad (619)$$

Les pertes de charges singulières du conduit :

$$dP_{coude} = 0.5 \times \chi_{coude} \times \rho_{int} \times v_{cond,s} \times abs(v_{cond,s}) \quad (620)$$

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
$v_{cond,s,j}$	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 $C_{extr,j}$ 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 :

$$v_{cond,s,corr} = v_{cond,s} \times \frac{v_{vent-ref}}{v_{vent.c}(h)} \quad (621)$$

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.

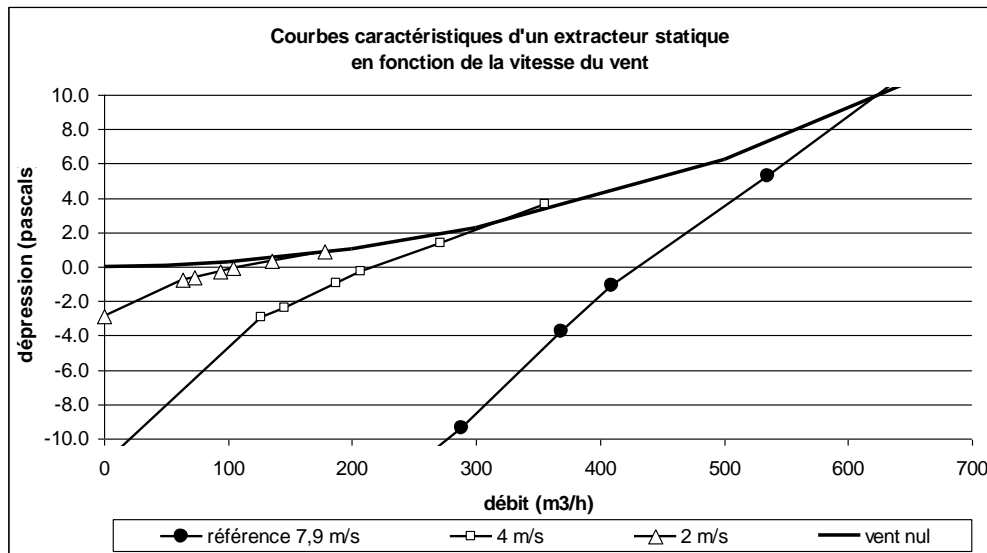


Figure 78: Exemple de profils de dépression de l'extracteur (en Pa) en fonction du débit dans le conduit, pour différentes vitesses de vent

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 :

$$v_{cond,s_lim1}(h) = v_{cond,s,8} \times \frac{v_{vent_réf}}{v_{vent,c}(h)} \quad (622)$$

$$C_{extr_lim1}(h) = C_{extr,8} \quad (623)$$

$$dP_{extr_lim1}(h) = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr_lim1}(h) \cdot (v_{vent,c}(h))^2 \quad (624)$$

- 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.

$$\text{Tant que } \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (n \cdot v_{cond,s_lim1}(h))^2 < dP_{extr_lim1}(h)$$

et $n < 20$, faire,

$$n = n + 1 ;$$

Fin du tant que.

(625)

$$v_{cond,s_lim2}(h) = n \cdot v_{cond,s_lim1}(h)$$

$$dP_{extr_lim2}(h) = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (v_{cond,s_lim2}(h))^2$$

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 (618) 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 $v_{cond,s} = 0$

$$\begin{aligned} C_{extr} &= C_{extr,1} \\ dP_{extr} &= \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr} \cdot v_{vent,c}(h)^2 \end{aligned} \quad (626)$$

- 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 2 :

$j = 2$

Tant que $v_{cond,s,corr} > v_{cond,s,j}$, faire,

$j = j + 1$;

Fin du « tant que »

$$C_{extr} = C_{extr,j-1} + \frac{C_{extr,j} - C_{extr,j-1}}{v_{cond,s,j} - v_{cond,s,j-1}} \times (v_{cond,s,corr} - v_{cond,s,j-1}) \quad (627)$$

L'expression de dP_{extr} en fonction de la vitesse de vent est la suivante :

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \rho_{ext}(h) \cdot C_{extr} \cdot v_{vent,c}(h)^2 \quad (628)$$

- 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 :

$$dP_{extr} = \left(\frac{v_{cond,s} - v_{cond,s_lim1}(h)}{v_{cond,s_lim2}(h) - v_{cond,s_lim1}(h)} \right) (dP_{extr_lim2}(h) - dP_{extr_lim1}(h)) + dP_{extr_lim1}(h) \quad (629)$$

- 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 :

$$dP_{extr} = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_{int,fin}(h-1) + \rho_{ext}(h)}{2} \right) \cdot \xi_{extr} \cdot (v_{cond,s})^2 \quad (630)$$

6.6.3.1.5 Calcul du tirage thermique

Pour un conduit i donné, le tirage thermique est exprimé comme suit :

$$dP_{mot,s} = h_{mot,s} \times g \times (\rho_{ext}(h) - \rho_{int,fin}(h-1)) + P_{ib}(h-1) \quad (631)$$

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 :

$$h_{mot,s} = h_{cond,s} + 2 \text{ (m)} \quad (632)$$

- $\delta_{permea_verticale} = 1$: 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 :

$$h_{mot,s} = h_{zone} + 2 \text{ (m)} \quad (633)$$

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 :

$$q_{rep,fuites}(h) = - \frac{K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}}{C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}}\right)^{0.5} + K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}} \times N_{id} \times q_{v,cond} \quad (634)$$

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 :

$$q_{rep,dep}(h) = -C_{dep} \times C_{rdbnr} \times (N_{id} \times q_{v,cond} + q_{rep,fuites}(h)) \quad (635)$$

Les débits insufflés sont nuls :

$$\begin{aligned} q_{souf,fuites}(h) &= 0 \\ q_{souf,dep}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (636)$$

Cas $q_{v,cond} < 0$:

Dans ce cas, les débits insufflés sont

$$q_{souf,fuites}(h) = \frac{K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}}{C_d \times A_{boucheeq} \times \left(\frac{2}{\rho_{ref}}\right)^{0.5} + K_{res} \times A_{cond} \times ABS(dP_{bouche})^{0.167}} \times N_{id} \times q_{v,cond} \quad (637)$$

$$q_{souf,dep}(h) = -C_{dep} \times C_{rdbnr} \times (N_{id} \times q_{v,cond} + q_{souf,fuites}(h))$$

Les débits repris sont nuls :

$$\begin{aligned} q_{rep,fuites}(h) &= 0 \\ q_{rep,dep}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (638)$$

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 $h_{eq}(h)$
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 71 : Horaires d'utilisation du grand débit cuisine en ventilation hybride

Des valeurs différentes de durées d'utilisation peuvent être issues d'Avis Techniques ou de procédures de certification équivalentes.

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 C_{rdbnr} , 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, C_{rdbnr} est conventionnellement égal à 1.

Au final l'algorithme est le suivant :

$$\begin{aligned}
\text{Si } & \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ \text{ou} \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases} \text{ ou } (v_{vent,c}(h) < v_{vent,c,limhyb} \text{ et } \theta_{ext}(h) > \theta_{ext,limhyb}), \text{ alors,} \\
& q_{rep,dep}(h) = -Cdep \times Crdbnr \times \frac{q_{spec,rep,conv_pointe} \times Dugd + q_{spec,rep,conv_base} \times (168 - Dugd)}{168} \\
& q_{rep,fuites}(h) = -N_{id} \times 3600 \times Kres \times A_{cond} \times dP_{ref}^{0.667} \\
& \begin{cases} q_{souf,fuites}(h) = 0 \\ q_{souf,dep}(h) = 0 \end{cases} \quad (639)
\end{aligned}$$

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 :

$$q_{v,spec,rep}(h) = q_{rep,dep}(h) + Rat_{fuitevc} \times q_{rep,fuites}(h) \quad (640)$$

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 :

$$\begin{cases} \forall k, 0 \leq v_{vent,reg,k} \leq v_{vent,reg,k-1} \leq v_{vent,reg,1} < v_{vent,c,limhyb} \\ \forall l, \theta_{ext,reg,l} \geq \theta_{ext,reg,l-1} \geq \theta_{ext,reg,1} > \theta_{ext,limhyb} \end{cases}$$

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 79 : 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 :

$$Si \begin{cases} h_{leg}(h) \in [h_{gd,1,deb}; h_{gd,1,fin}] \\ ou \\ h_{leg}(h) \in [h_{gd,2,deb}; h_{gd,2,fin}] \end{cases}, \text{ alors, (passage en grand débit)} \\ C_{vent}(h) = P_{vent,pointe}$$

Sinon, si $v_{vent,c}(h) < v_{vent,c,limhyb}$ et $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,limhyb}$, 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)

$C_{vent}(h) = 0$ (Wh)

(641)

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 :

$$T_{extr1}(h) = \theta_{i,g,fin}(h-1) - (\theta_{i,g,fin}(h-1) - \theta_{et}(h)) \times \left(1 - \exp\left(-\frac{H_{cond,rep,ext}}{0.34 \times (abs(q_{v,cond}(h)))} \right) \right) \quad (642)$$

Avec

$$\theta_{et}(h) = (1-b) \times \theta_{i,g,fin}(h) + b \times \theta_{ext}(h) \quad (643)$$

$$H_{cond,rep,ext} = \frac{A_{cond,rep,ext}}{R + 0.02} \quad (644)$$

Et :

$$A_{cond,rep,ext} = (1 - Rat_{fuitevc}) \times A_{cond,rep} \quad (645)$$

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.

$$T_{air_souffle}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (646)$$

$$\omega_{air_souffle}(h) = \omega_{ext}(h) \quad (647)$$

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.

Version du 04/08/20

6.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 72 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 tempon	°C				
$I_{climatique}$	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 72 : 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 $I_{climatique} = vrai$. Dans le cas contraire $I_{climatique} = Faux$.

Si $I_{climatique} = vrai$,

$$T_{AN}^g = T_{air_out} \quad (648)$$

Si $I_{climatique} = Faux$,

$$T_{AN}^g = \theta_{ext} \quad (649)$$

La température de l'air fourni est donc :

$$T_{air_soufflé}^g = T_{AN}^g \quad (650)$$

6.7.3.2 Calcul de Humidité

L'humidité de l'air neuf fourni au groupe par la fenêtre est défini comme suit :

$$\omega_{air_soufflé}^g = \omega_{ext} \quad (651)$$

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 prérafraîchie 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 proposé est issu de la norme NF EN 15241. 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.

Version du 04/08/20

6.8.2 NOMENCLATURE

Le **Tableau 75** 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 1. Gestion du bypass en fonction de la température extérieure et de la température d'air intérieur	-	0	1	-
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unit é			
$Type_sol_{PC}$	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	-	0	2	-
	1 - entre 400m et 800m				
	2 - supérieur à 800m				
$\theta_{ext,arrêt_PChiver}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle le puits climatique peut être non activé en période de chauffage	°C	0	$+\infty$	-
$\theta_{ext,arrêt_PCété}$	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			
$\epsilon_{sol-air}(h)$	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 73 : 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 :

$$AH = \max(1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 - 0,000335 \cdot Z^3; \quad 0) \quad (652)$$

$$VS = 24 \times (0,1786 + 10,298 \times Z - 1,0156 \times Z^2 + 0,3385 \times Z^3 - 0,0195 \times Z^4) \quad (653)$$

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 :

$$\theta_{sol}(h) = gm \cdot \left(\theta_{AM} - AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin \left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \times [JH(h) - VS + 24 \cdot 25] \right) \right) \quad (654)$$

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/m3)	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 74 : Propositions 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) :

$$qm_{air}(h) = \sum_{S \rightarrow PC} q_{m,air-neuf}^S(h) \quad (655)$$

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 :

$$\epsilon_{solair}(h) = 1 - \exp \left(\frac{-U_g(\square) \cdot L}{\frac{qm_{air}(\square)}{n_d} \cdot Cp_{air}} \right) \quad (656)$$

$$U_g(\square) = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{tube} \ln \left(\frac{d_i + 2 \cdot e_p}{d_i} \right)} + \frac{1}{h_i(\square) \cdot \pi \cdot d_i}} \quad (657)$$

$$h_t(\square) = \left(4,13 + 0,23 \times \frac{\theta_{ext}(\square)}{100} - 0,0077 \times \left(\frac{\theta_{ext}(\square)}{100} \right)^2 \right) \times \frac{v_0^{0.75}}{d_i^{0.25}} \quad (658)$$

$$qv_{air}(\square) = \frac{qm_{air}(\square)}{n_d \cdot \rho_{air}} \times 3600 \quad (659)$$

$$v_0(\square) = \frac{qv_{air}(\square)}{\pi \cdot \left(\frac{d_i}{2} \right)^2} \quad (660)$$

La température de l'air en sortie du puits climatique si il devait fonctionner est calculée comme suit :

$$\theta_{air-out-actif}(h) = \theta_{ext}(h) + \varepsilon_{solair}(h) \cdot (\theta_{sol}(h) - \theta_{ext}(h)) \quad (661)$$

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 by-passé.

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,

$$I_{activation_PC}(h) = 1 \quad (662)$$

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,

$$I_{activation_PC}(h) = 1 \quad (663)$$

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 :

$$\theta_{air-out}^{PC}(h) = \theta_{ext}(h) \text{ (puits climatique bypassé)} \quad (664)$$

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_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 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 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 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 75** 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	Min	Max	Conv
Q_{max}^{PH}	Débit maximum fourni par la pompe	m³/s	0	$+\infty$	-
P_{max}^{PH}	Puissance nominale de la pompe	W	0	$+\infty$	-
L_{puits}	Longueur du conduit hydraulique (Longueur d'échange sol/eau glycolée)	m	0	$+\infty$	-
λ_{tube}	Conductivité thermique du conduit hydraulique	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
e_p	Epaisseur du conduit hydraulique	m	0	$+\infty$	-
d_i	Diamètre intérieur du conduit hydraulique	m	0	$+\infty$	-
$type_{gest_PH}$	Type de gestion du puits hydraulique et de sa pompe associée : 2. Gestion de la pompe en	-	0	1	-

Puits

fonction de la température
extérieure

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 + - ∞
	$\theta_{ext,arrêt_PH_{hiver}}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle la pompe du puits hydraulique peut être arrêtée en période de chauffage	°C 0 + - ∞
	$\theta_{ext,arrêt_PH_{été}}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle la pompe du puits hydraulique peut être arrêtée hors période de chauffage	°C 0 + - ∞

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

$DC_{airneuf}(h)$ $DC_{eau gly}(h)$	Débits calorifiques d'air et d'eau glycolée de part et d'autre de l'ensemble constitué par les batteries eau/air	W/K
$Rdc(h)$	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)	$\frac{1.51}{6 \cdot 10^3}$
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 75 : 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 :

$$AH = \max(1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 - 0,000335 \cdot Z^3; 0) \quad (665)$$

$$VS = 24 \times (0,1786 + 10,298 \times Z - 1,0156 \times Z^2 + 0,3385 \times Z^3 - 0,0195 \times Z^4) \quad (666)$$

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 :

$$\theta_{sol}(Z) = gm \cdot \left(\theta_{AM} + AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \times [JH(h) - VS + 24 \cdot 25]\right) \right) \quad (667)$$

θ_{AM} est la moyenne des moyennes mensuelles.

$\Delta\theta_A = (\text{La moyenne mensuelle maximale} - \text{la moyenne mensuelle minimale})/2$.

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 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 76 : Propositions 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 :

$$qm_{air-neuf}(h) = \sum_S qm_{air-neuf}^S(h) \quad (668)$$

Le ratio des débits calorifiques de l'échange de chaleur, $Rdc(h)$, est calculé comme suit :

$$DC_{airneuf}(h) = qm_{air-neuf}(h) \cdot Cp_{air} \quad (669)$$

$$DC_{eaugly}(h) = \frac{Q_{MAX}^{PH} \cdot \rho_{eau_{gl}} \cdot Cp_{eau_{gl}}}{3600} \quad (670)$$

$$Rdc(h) = \frac{MIN(DC_{airneuf}(h); DC_{eaugly}(h))}{MAX(DC_{airneuf}(h); DC_{eaugly}(h))} \quad (671)$$

Enfin, l'efficacité moyenne équivalente des batteries est :

$$\varepsilon_{batt}(h) = \frac{\sum_S (qm_{air-neuf}^S(h) \cdot \varepsilon_{batt}^S(h))}{qm_{air-neuf}(h)} \cdot Rdc(h) \quad (672)$$

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 :

$$\text{En saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) = 1): \varepsilon_{batt}^S(h) = \varepsilon_{batt,ch}^S \quad (673)$$

$$\text{Hors saison de chauffage } (Aut_{ch}(h) < 1): \varepsilon_{batt}^S(h) = \varepsilon_{batt,fr}^S$$

On utilise les relations suivantes basées sur l'équilibre thermique de la boucle d'eau glycolée :

$$\theta_{eau-in-PH}(h) = \frac{(\varepsilon_{soleau}(h) - \varepsilon_{batt}(h) \cdot \varepsilon_{soleau}(h)) \cdot \theta_g(h) + \varepsilon_{batt}(h) \cdot \theta_{ext}(h)}{\varepsilon_{soleau}(h) + \varepsilon_{batt}(h) - \varepsilon_{batt}(h) \cdot \varepsilon_{soleau}(h)} \quad (674)$$

$$\theta_{eau-out-PH}(h) = \theta_{eau-in-PH}(h) + \varepsilon_{soleau}(h) \cdot (\theta_g(h) - \theta_{eau-in-PH}(h)) \quad (675)$$

Avec $\varepsilon_{soleau}(h)$ l'efficacité équivalente du capteur enterré :

$$\varepsilon_{soleau}(h) = 1 - \exp \left[\frac{-3600 \cdot U_g \cdot L_{puits}}{Q_{MAX}^{PH} \cdot \rho_{eau_{gl}} \cdot Cp_{eau_{gl}}} \right] \quad (676)$$

$$U_g(h) = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{tube}} \ln \left(\frac{d_i + 2 \cdot e_p}{d_i} \right) + \frac{1}{\pi \cdot d_i \cdot h_i(h)}} \quad (677)$$

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):

$$h_i(h) = 0.023 \times \frac{\lambda_{eau_gl}}{d_i} \times \left[\frac{\rho_{eau_gl} \cdot \frac{4 \cdot Q_{MAX}^{PH}}{3600 \cdot \pi \cdot d_i}}{\mu_{eau_gl}} \right]^{0.8} \cdot \left[\frac{\mu_{eau_gl} \cdot C_{p_{eau_gl}}}{\lambda_{eau_gl}} \right]^{0.30} \quad (678)$$

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 :

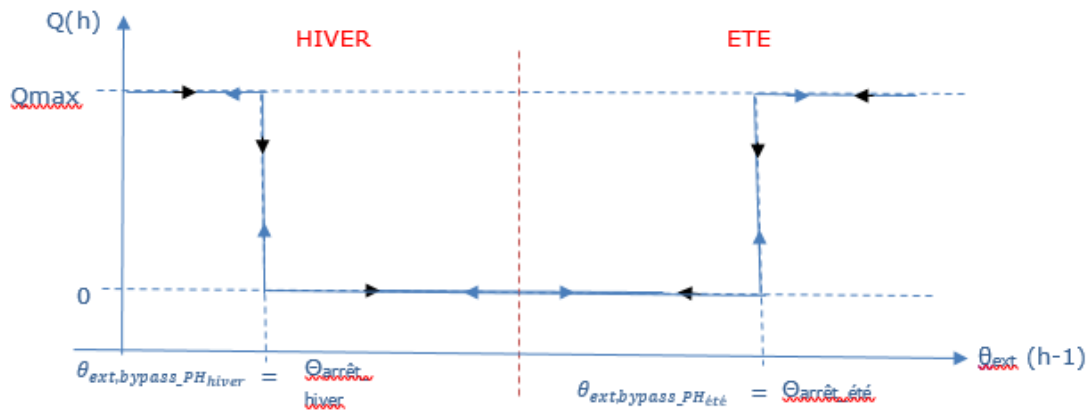


Figure 2 - Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique en fonction de la température moyenne du bâtiment au pas de temps précédent dans le cas d'une pompe à débit constant.

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 :

Si

$$\theta_{ext}(h) < \theta_{ext,arrêt_PH_{hiver}} \text{ et si } [type_{gest_PH} = 0 \text{ OU } \theta_{ext}(h) < \theta_{eau-out-PH}(h)] \text{ alors,}$$

$$Q^{PH}(h) = Q_{MAX}^{PH} \quad (679)$$

Sinon

$$Q^{PH}(h) = 0$$

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 :

Si $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext,arrêt_PH_{hiver}} \text{ et si } [type_{gest_PH} = 0 \text{ OU } \theta_{ext}(h) > \theta_{eau-out-PH}(h)]$,
alors,

$$Q^{PH}(h) = Q_{MAX}^{PH} \quad (680)$$

Sinon

$$Q^{PH}(h) = 0$$

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 $Q^{PH}(h) > 0$:

$$W_{elec}^{PH}(h) = P_{max}^{PH} \quad (681)$$

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 :

$$W_{elec}^{PH,S}(h) = W_{elec}^{PH}(h) \cdot \frac{qm_{air-neuf}^S(h)}{\sum_S qm_{air-neuf}^S(h)} \quad (682)$$

La consommation de circulateur du puits hydraulique est ainsi comptabilisée dans la consommation **des auxiliaires de ventilation.**

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

6.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 77 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 77 : Nomenclature des différentes variables du modèle

Version du 04/08/20

6.10.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

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, précède 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 rassemblées, 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.

6.10.3.2 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 ($type_{gest_PC}=0$)

$$\delta_{by-pass}^{PC} = 0 \quad (683)$$

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 ($I_{saison}^{PC}=\text{chauffage}$), 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

$$\delta_{by-pass}^{PC} = 1 \quad (684)$$

2^{ème} cas : hors de la période de chauffage

Hors de la période de chauffage ($I_{saison}^{PC} \neq \text{chauffage}$), 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 $\theta_{ext,by-pass_PC}^{été}$ (contrôle de la température de l'air extérieur) ;
- la température intérieure est supérieure à une température de consigne notée $\theta_{int,by-pass_PC}^{été}$;

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

$$\delta_{by-pass}^{PC} = 1 \quad (685)$$

On rappelle que **par défaut**, le by-pass est désactivé avec par conséquent la valeur du paramètre $\delta_{by-pass}^{PC} = 0$

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

6.11.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 78 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmes liées au puits climatique.

Entrées du système						
	Nom	Description	Unité			
Climat	$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieure (entrant dans le puits)	°C			
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité de l'air extérieur	kg/kg as			
Syst. ventilation	$\theta_{i,fin}^s(h)$	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 (0-Th-B calcul du Bbio / 1-Th-C calcul du Cep / 2-Th-EB calcul du confort d'été en mode besoins / 3-Th-EC calcul du confort d'été en mode consommations) Voir fiche puits climatique Voir fiche gestion-régulation du puits climatique	-	0	2	-
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	°C			

$m_{air}(h)$	précédent vu par le puits climatique Débit d'air massique entrant dans le puits climatique	kg/s
--------------	---	------

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
<i>(Voir fiches de l'assemblage)</i>			

Tableau 78 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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-EC), 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.

$$m_{air}^{PC} = \sum_{s \rightarrow PC} q_{m,air-neuf}^s \quad (686)$$

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.

$$\theta_{i,fin}^{PC} = \frac{\sum_{s \rightarrow PC} (\theta_{i,fin}^s \times q_{m,air-neuf}^s)}{\sum_{s \rightarrow PC} (q_{m,air-neuf}^s)} \quad (687)$$

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

$$i_{saison}^s = \text{chauffage}, \text{ alors } i_{saison}^{PC} = \text{chauffage} \quad (688)$$

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 $Mode = 0$

$$I_{climatique} = 0 \quad (689)$$

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-EB) :

Si $Mode = 2$

$$I_{climatique} = 0 \quad (690)$$

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

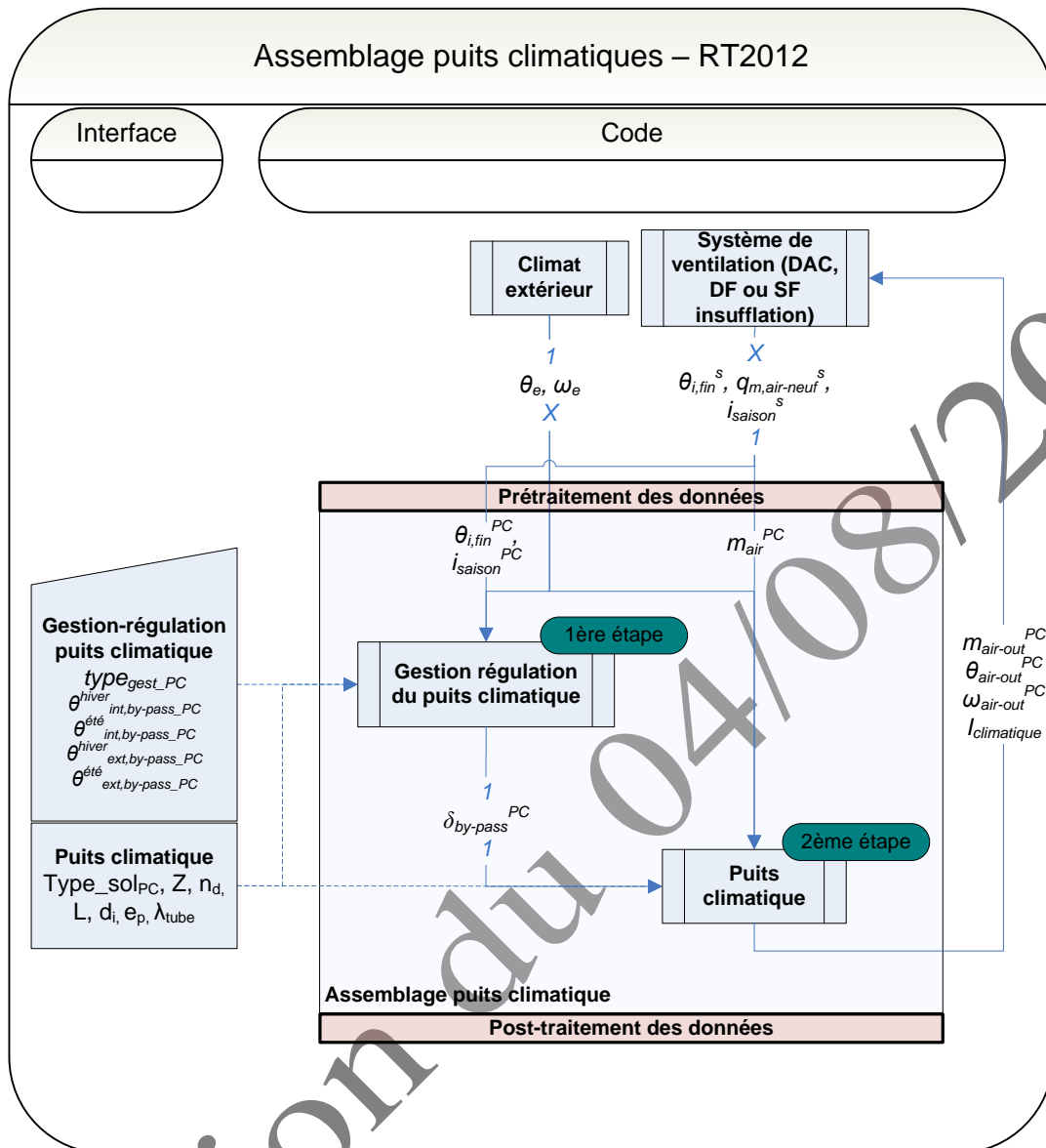


Figure 80 : Schéma d'assemblage du modèle de puits climatique

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.

Version du 04/08/20

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.

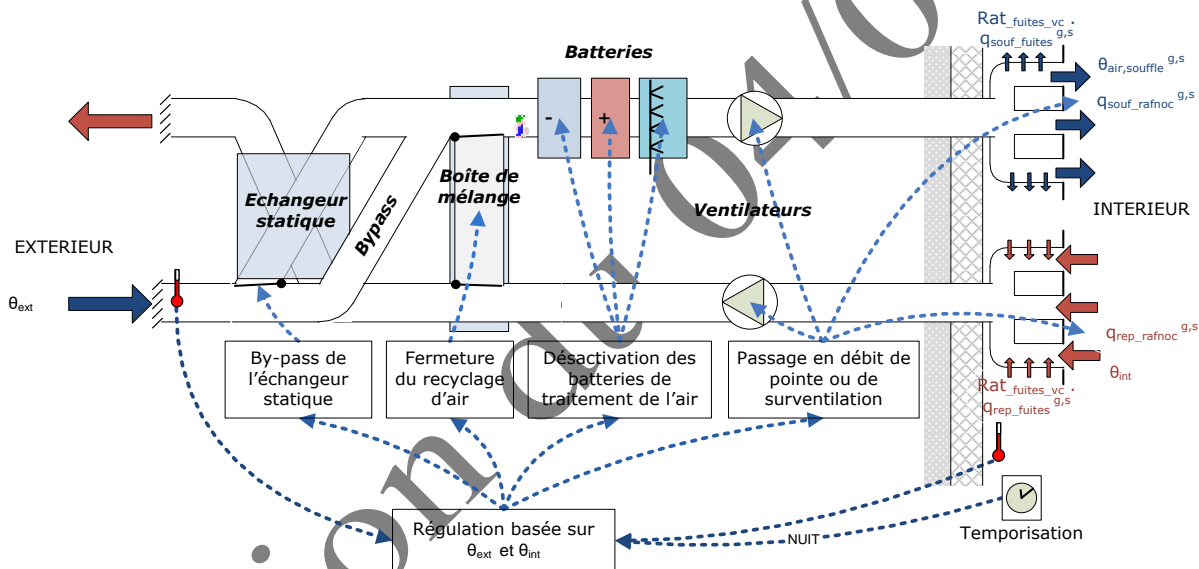


Figure 81: représentation schématique de la fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique pour une CTA

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 79 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	Max	Conv.	
$i_{hebergement}$	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	+ ∞	-	
$q_{spec,souf,rafnoc}^{g,s}$	Débit volumique spécifique soufflé lorsque le dispositif de ventilation ou la CTA intègre une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique	m³/h	0	+ ∞	-	
$iS_{souf}^{g,s}$	Type de bouche : <i>0 : bouche d'extraction</i> <i>1 : bouche d'insufflation</i>	entier	0	1	-	
Paramètres intrinsèques						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
iS_{rafnoc}	Présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique associée au composant bouche-conduit s : <i>0 : Pas de fonction de rafraîchissement nocturne ni de freecooling</i> <i>1 : Présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne en période d'été seulement</i> <i>2 : Présence d'une fonction de rafraîchissement</i>	Ent	0	4		

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

$h_{leg,deb_rafnoc}[été]$ $h_{leg,deb_rafnoc}[mis]$	Heure légale (début de pas de temps) de début de période de rafraîchissement nocturne.	h	0	2 3	
$h_{leg,fin_rafnoc}[été]$ $h_{leg,fin_rafnoc}[mis]$	Heure légale (début de pas de temps) de fin de période de rafraîchissement nocturne.	h	0	2 3	
$\theta_{sd_dec_rafnoc}[été]$ $\theta_{sd_dec_rafnoc}[mis]$	Température intérieure (référentiel sonde) de déclenchement du rafraîchissement par surventilation mécanique associée au composant bouche-conduit s.	°C	-20	5 0	
$\theta_{sd_arr_rafnoc}[été]$ $\theta_{sd_arr_rafnoc}[mis]$	Température intérieure (référentiel sonde) d'arrêt du rafraîchissement par surventilation mécanique.	°C	-20	5 0	
$\Delta\theta_{lim_rafnoc}[été]$ $\Delta\theta_{lim_rafnoc}[mis]$	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	
$\theta_{ext_rafnoc}[été]$ $\theta_{ext_rafnoc}[mis]$	Température extérieure limite pour autoriser le rafraîchissement par surventilation mécanique.	°C	-20	5 0	
$P_{vent_rafnoc_rep}$	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 1 : Oui	Ent			

$i_{rafinocc_comm}(h)$	Statut du rafraichissement par surventilation mécanique fonction de la température de sonde intérieure : <i>0 : pas de besoin en rafraichissement,</i> <i>1 : besoin en rafraichissement.</i>	Ent
$i_{rafinocc_comm}(h-1)$	Statut effectif du rafraichissement par surventilation mécanique fonction de la température de sonde intérieure au pas de temps h-1 : <i>0 : désactivé,</i> <i>1 : activé.</i>	Ent
$P_{vent_rep}(h)$	Puissance du ventilateur de reprise du système de ventilation au pas de temps h.	W
$P_{vent_souf}(h)$	Puissance du ventilateur de soufflage du système de ventilation au pas de temps h.	W

Sorties

Nom	Description	Unité
$i_{rafinocc_active}(h)$	Statut effectif du rafraichissement par surventilation mécanique : <i>0 : désactivé,</i> <i>1 : activé.</i>	Ent
$i_{freecool_active}(h)$	Statut effectif du freecooling : <i>0 : désactivé,</i> <i>1 : activé.</i>	Ent
$q_{spec,rep}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris en volume chauffé pour la bouche-conduit g,s.	m ³ /h
$q_{spec,sou}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique soufflé en volume chauffé pour la bouche-conduit g,s.	m ³ /h
$q_{spec,rep,cond}^{g,s}(h)$	Débit repris en tenant compte des fuites aérauliques totales dans les conduits	m ³ /h
$q_{spec,sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit soufflés en tenant compte des infiltrations aérauliques totales dans les conduits	m ³ /h
$\delta_{bypass}(h)$	Statut du bypass pour l'échangeur du composant de ventilation mécanique : <i>0 : désactivé</i> <i>1 : activé</i>	Ent
$T_{air_souffle}(h)$	Température d'air soufflé en sortie du système de ventilation ou de la CTA.	°C
$W_{ventc}(h)$	Consommation de ventilateurs du système de ventilation ou de la CTA.	Wh
$P_{prefroid}(h)$	Puissance nécessaire au prérefroidissement	W
$P_{prechaud}(h)$	Puissance nécessaire au préchauffage (zone)	W
$P_{chaudHR}(h)$	Puissance nécessaire à l'humidification à vapeur	W
$P_{chaud,ag}(h)$	Puissance nécessaire à la sécurité antigel	W

Tableau 79 : 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 $is_{souf}^{g,s} = 0$ (bouche-conduits de reprise) :
$$q_{rep,rafnoc}^{g,s} = -q_{spec,rep,rafnoc}^s \quad (2)$$
$$q_{souf,rafnoc}^{g,s} = 0 \text{ (m}^3/\text{h)}$$
 - Si $is_{souf}^{g,s} = 1$ (bouche-conduits de soufflage) :
$$q_{rep,rafnoc}^{g,s} = 0 \text{ (m}^3/\text{h)}$$
$$q_{souf,rafnoc}^{g,s} = q_{spec,souf,rafnoc}^s \quad (3)$$
- 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 :

$$A_{cond,rep}^{g,s} = MAX(|q_{rep,max}^{g,s}|; |q_{rep,rafnoc}^{g,s}|) \times Rat_{debcond} \quad (4)$$

$$A_{cond,souf}^{g,s} = MAX(|q_{souf,max}^{g,s}|; |q_{souf,rafnoc}^{g,s}|) \times Rat_{debcond} \quad (5)$$

Où $q_{souf,max}^{g,s}$, $q_{rep,max}^{g,s}$ et $Rat_{debcond}$ sont des paramètres définis dans la fiche

6.12.3.2 Régulation saisonnière

Deux types de régulation saisonnière sont prévus :

Cas $is_{rafinocc}^s = \text{« 1 : présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne en période d'été seulement »}$ ou $is_{rafinocc}^s = \text{« 3 : présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) en période d'été seulement »}$

L'autorisation saisonnière d'activer le rafraîchissement par surventilation mécanique est alors déterminée jour par jour :

Si $MIN_{gr \leftrightarrow s}(Aut_{fr_pro}^{gr}(j)) = \text{« 1 : en saison de refroidissement »}$

$Aut_{fr_pro}(j) = \text{« 1 : Oui »}$

Sinon,

$Aut_{fr_pro}(j) = \text{« 0 : Non »}$

Les consignes de températures d'heure légales sont les consignes d'indice « été » (pour saison de refroidissement).

(6)

(7)

Cas $is_{rafinocc}^s = \text{« 2 : présence d'une fonction de rafraîchissement nocturne toute l'année »}$ ou $is_{rafinocc}^s = \text{« 4 : présence d'une fonction de rafraîchissement par surventilation mécanique (freecooling) toute l'année »}$

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 :

$Aut_{fr_pro}(j) = \text{« 1 : Oui »}$

(8)

Si $MIN_{gr \leftrightarrow s}(Aut_{fr_pro}^{gr}(j)) = \text{« 1 : en saison de refroidissement »}$, les consignes de températures d'heure légales sont les consignes d'indice « été » (pour saison de refroidissement).

(9)

Sinon, ($MIN_{gr \leftrightarrow s}(Aut_{fr_pro}^{gr}(j)) = \text{« 0 : hors saison de refroidissement »}$), 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.

$$i_{rafnoc_active}(\square) = Aut_{fr_pro}(j) \times Aut_{tempo}(\square) \times Aut_{rafnoc}(\square) \times i_{rafnoc_comm}(\square) \quad (10)$$

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 $h_{leg_deb,rafnoc} < 21h$:

Message d'erreur : « L'heure légale de début de période de rafraichissement 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 rafraichissement 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 rafraichissement nocturne doit être ultérieure à l'heure légale de début. »

(11)

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,

$Aut_{tempo}(h) = \text{« 1: Oui »}$

Sinon,

$Aut_{tempo}(h) = \text{« 0: Non »}$

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,

$Aut_{tempo}(h) = \text{« 1: Oui »}$

Sinon,

$Aut_{tempo}(h) = \text{« 0: Non »}$

(12)

(13)

Sinon, Si $is_{rafinocc}^s = 3$ ou si $is_{rafinocc}^s = 4$, alors

$Aut_{tempo}(h) = \text{« 1: Oui »}$

(14)

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 rafraichissement par surventilation mécanique :

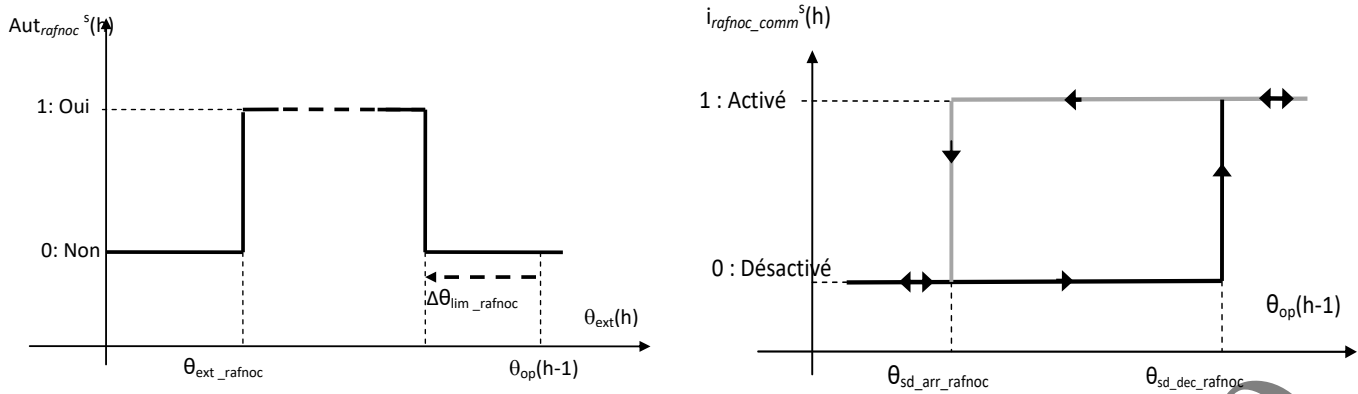


Figure 82: logique de régulation du rafraîchissement par surventilation mécanique en inoccupation

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 :

$$\theta_{op,act}(h) = \underset{gr \leftrightarrow s}{MAX}(\theta_{op,fin}^{gr}(h-1)) \quad (15)$$

$$\theta_{op,desact}(h) = \underset{gr \leftrightarrow s}{MIN}(\theta_{op,fin}^{gr}(h-1)) \quad (16)$$

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,

$$Aut_{rafnoc}(h) = \ll 1: \text{Oui} \gg \quad (17)$$

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,

$$i_{rafnoc_comm}(h) = \ll 1: \text{besoin en rafraîchissement} \gg, \quad (18)$$

Sinon,

$$i_{rafnoc_comm}(h) = \ll 0: \text{pas de besoin en rafraîchissement} \gg,$$

6.12.3.4 Débits appliqués heure par heure

Les débits appliqués en rafraîchissement 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,

$$\begin{cases} q_{spec_repris}^{g,s}(h) = q_{rep,rafnoc}^{g,s} + Rat_{fuitevc} \times q_{rep,fuites}^{g,s} \\ q_{spec_souffle}^{g,s}(h) = q_{soufflé,rafnoc}^{g,s} + Rat_{fuitevc} \times q_{soufflé,fuites}^{g,s} \\ q_{repris,cond}^{g,s}(h) = q_{rep,rafnoc}^{g,s} + q_{rep,fuites}^{g,s} \\ q_{souffle,cond}^{g,s}(h) = q_{soufflé,rafnoc}^{g,s} + q_{soufflé,fuites}^{g,s} \end{cases} \quad (19)$$

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 $q_{rep,fuites}^{g,s}$, $q_{souf,fuites}^{g,s}$ 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 rafraîchissement 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 by-pass est activé pour permettre le rafraîchissement par surventilation mécanique :

Si $i_{rafnoc_active}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg$, alors,

$$\delta_{bypass}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg$$

Sinon,

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC double-flux

(20)

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 rafraîchissement par surventilation mécanique. Pour les CTA en cas de recyclage cela impose :

Si $i_{rafnoc_active}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg$, alors,

$$q_{m,Air_neuf}^s(h) = q_{m,souffle_cond}^s(h)$$

Sinon,

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC double-flux.

(691)

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 :

Si $i_{rafnoc_active}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg$, alors,

$$\begin{aligned} T_{Air_soufflé}(h) &= T_{souf,prefroid}(h) = T_{souf,hum}(h) = T_{souf,prechaud}(h) = T_{souf2}(h) \\ P_{électrique,HRvapeur}(h) &= P_{prefroid}(h) = P_{prechaud}(h) = P_{chaud,ag}(h) = 0 \text{ (W)} \end{aligned} \quad (21)$$

Sinon,

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 :

Si $i_{rafnoc_active}(h) = \ll 1 : \text{activé} \gg$, alors,

(22)

$$P_{vent_rep}(h) = P_{vent_rafnoc_rep}$$

$$P_{vent_souf}(h) = P_{vent_rafnoc_souf}$$

Sinon, ($i_{rafnoc_activé}(h) = \ll 0 : \text{désactivé} \gg$),

Le calcul se déroule selon les modalités de la fiche C_Ven_CTA et VMC double-flux.

La consommation électrique des ventilateurs est la somme de ces deux puissances intégrées sur une heure :

$$W_{vent}(h) = P_{vent_rep}(h) + P_{vent_souf}(h) (\times 1h) \quad (23)$$

Version du 04/08/20

6.13 C VEN Calcul des consommations de ventilation des parkings fermés

6.13.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale du système de ventilation forcée d'un parking fermé (et exclusivement 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 proposés 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.

Dans le cas d'un parking intérieur, si des parties du parking sont associées à des zones de bâtiment d'usages différents, Typeusage doit être défini à la valeur correspondant à l'usage de la zone de plus grande surface utile ou habitable.

La passerelle entre Typeusage est l'usage de la zone associée au parking est définie dans le tableau ci-dessous :

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeur de Typeusage du parking à appliquer
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	2) Habitat
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	2) Habitat
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	2) Habitat
4	Enseignement primaire	2) Habitat
5	Enseignement secondaire (partie jour)	2) Habitat
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	2) Habitat
7	Enseignement - université	0) Bureaux
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	2) Habitat
10	Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	0) Bureaux
11	Hôtel 2* (partie nuit)	0) Bureaux
12	Hôtel 3* (partie nuit)	0) Bureaux
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	0) Bureaux
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	0) Bureaux
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	0) Bureaux
16	Bureaux	0) Bureaux
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	1) Commerce

18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	1) Commerce
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	1) Commerce
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	1) Commerce
22	Commerce, magasin, zones commerciales	1) Commerce
24	Etablissement sportif scolaire	2) Habitat
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	2) Habitat
27	Hôpital (partie nuit)	1) Commerce
28	Hôpital (partie jour)	1) Commerce
29	Transport - aéroport	1) Commerce
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	2) Habitat
32	Industrie - 3x8h	0) Bureaux
33	Industrie - 8h à 18h	0) Bureaux
34	Tribunal	0) Bureaux
36	Etablissement sportif municipal ou privé	0) Bureaux
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	2) Habitat
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	2) Habitat

Tableau 80 : rapport entre l'usage de la zone et le type d'usage du parking

6.13.3 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau 81 suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité				
NbjO(j)	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	
Dvent1	Débit de ventilation total première vitesse	m ³ /h	1	+ ∞	-	
Dvent2	Débit de ventilation total seconde vitesse	m ³ /h	Dvent1	+ ∞	-	
Pvent1	Puissance électrique <u>active</u> appelée par <u>tous</u> les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la première vitesse	W	1	+ ∞	-	
Pvent2	Puissance électrique <u>active</u> appelée par <u>tous</u> les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la seconde vitesse	W	Pvent1	+ ∞	-	
Pvent600	Puissance <u>active</u> totale de l'installation par nombre de place de parking et à 600 m3/h/véhicules pour les parkings d'habitations	W/nb places	de 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 Type= « bureau » ou bien « commerce » ou bien « habitat »	-	-	-	-	
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)	m ³ CO/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)	m ³ /h				
Nveh(h)	Trafic de véhicule dans tous le parking exprimé en nombre de mouvements de véhicule par heure (une entrée ou une sortie) pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	1/h				
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
Larg	Longueur d'un étage du parking	m
Long	Largeur 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
$C_{ef_park}^z$ (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 maxi de concentration volumique en CO_r	m^3CO/m^3Ai	$5 \cdot 10^{-5}$
ProdCOveh	Facteur d'émission conventionnel d'un moteur de véhicule en fonctionnement (CO à température ambiante)	m^3CO/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	2

Tableau 81 : Nomenclature des différentes variables du modèle

6.13.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La description est séquentielle.

La présente fiche algorithme prévoit les sous-chapitres suivants :

- **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 §6.13.4.2.
- **le calcul de la consommation horaire** du système de ventilation Pvent(h). Trois cas de figure se présentent :
 - le cas du parking ouvert (Type=«ext») pour toutes les typologies d'usage (typeusage) en 6.13.4.3, ou le cas d'un parking fermé sans ventilation mécanique en 6.13.4.4,
 - le cas du parking hors usage d'habitation (typeusage=«bureau» ou «commerce») fermé (Type=«int») et équipé d'une ventilation mécanique en 6.13.4.5.
 - le cas du parking habitation (typeusage=«habitat») fermé (Type=«int») et équipé d'une ventilation mécanique en 6.13.4.6.

L'énergie annuelle est calculée de façon identique pour toutes les typologies d'usage en 6.13.4.7 et 6.13.4.8.

6.13.4.1 Valeurs par défauts pour Dvent 1 Dvent2 Pvent1 PVENT 2 :

Les valeurs par défaut suivantes sont proposées à l'utilisateur :

Dvent 2 = 900 . Npl . Net en m³/h

Dvent 1 = 450 . Npl . Net en m³/h

Pvent 2 = 40 . Npl . Net en W

Pvent 1 = 5 . Npl . Net en W

Pvent600 = 40 W/place

(692)

6.13.4.2 Calcul des constantes

Largeur, longueur et périmètre de chaque étage du parking (identique pour tous les étages du parking) :

$$\text{Larg} = \left(\frac{\text{Spl} \cdot \text{Npl} / \text{Net}}{\text{Rl}} \right)^{1/2} \quad (693)$$

$$\text{Long} = \text{Rl} \cdot \text{Larg} \quad (694)$$

$$\text{Peri} = 2 \cdot \text{Long} + 2 \cdot \text{Larg} \quad (695)$$

Longueur moyenne (moyenne de l'entrée et de la sortie) d'un trajet (entrée sortie non distinguées) dans le parking :

$$\text{Lmoytraj} = \text{Peri} \cdot \left(\frac{\text{Net}}{4} + \frac{1}{4} \right) \quad (696)$$

Durée moyenne du trajet moyen

$$\text{Dtraj} = \text{Lmoytraj} / \text{Vmoy} \quad (697)$$

Durée moyenne de fonctionnement du moteur

$$\text{Dmvmvt} = \text{Dfix} + \text{Dtraj} \quad (698)$$

Le tableau ci-dessous définit Rmvtpl en fonction du n° de fin de l'heure légale du jour courant (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.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
bureau personnel	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.308	0.308	0.308	0.154	0.000	0.154	0.154	0.000	0.308	0.308	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
bureau visiteurs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.286	0.286	0.143	0.143	0.143	0.143	0.286	0.286	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
commerce visiteurs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.278	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.278	0.278	0.000	0.000
spectacle visiteurs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
habitat	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.190	0.190	0.190	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.190	0.190	0.190	0.095	0.095	0.095	0.000	0.000

Tableau 82 : Valeurs conventionnelles de Rmvtpl(h) en fonction de l'heure légale et du type de local.

La valeur de **Rmvtpl(h)** est fonction du scénario d'usage repéré par le paramètre **typeusage** :

Si **typeusage**= « bureau » :

Rmvtpl(h)=tableau ci-dessus ligne « bureau personnel »

Si **typeusage**= « commerce »

Rmvtpl(h)=tableau ci-dessus ligne « commerce visiteur»

Si **typeusage** = « habitat » :

Rmvtpl(h)=tableau ci-dessus ligne « habitat »

En l'état actuel, certaines lignes de ce tableau ne sont donc pas utilisées.

6.13.4.3 *Calculs de Pvent(h) pour le cas des parking ouverts*

Les parkings ouverts ne sont pas munis de dispositifs de ventilation :

Si **Type**= «ext» alors :

$$Pvent(h) = 0, \text{ pour tout pas de temps } h \quad (699)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

6.13.4.4 *Calculs de pVent(h) pour le cas des parkings sans ventilation forcée :*

Si **Ventilation**= « non » alors :

$$Pvent(h) = 0, \text{ pour tout pas de temps } h \quad (700)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

6.13.4.5 *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»).

6.13.4.5.1 *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)

$$Dreq(h) = \frac{ProdCO(h)}{CCOlim \cdot Effvent} \quad (701)$$

Calcul du terme source ProdCO :

$$ProdCO(h) = ProdCOveh \cdot Nveh(h) \cdot Dmvm \quad (702)$$

Calcul du nombre de mouvement de véhicule par heure Nveh(h):

$$Nveh(h) = Npl \cdot Rutil \cdot Rmvtpl(h) \quad (703)$$

Fin du calcul Nvéh(h)

Fin du calcul de ProdCO(h) :

$$\text{Sinon } Dreq(h) = 0 \quad (704)$$

Fin de l'itération sur le pas de temps h (de 1 à 8760)

6.13.4.5.2 *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 :

$$Pvent(h) = 0 \quad (705)$$

Sinon :

$$\text{si } Dvent1 > Dreq(h) \text{ alors} \quad (706)$$

$$Pvent(h) = Dreq(h) \cdot Pvent1 / Dvent1 \quad (707)$$

Sinon :

$$Pvent(h) = Dreq(h) \cdot Pvent2 / Dvent2 \quad (708)$$

Fin de l'itération sur le pas de temps h (de 1 à 8760)

6.13.4.6 *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»**

6.13.4.6.1 *Calcul de la puissance électrique absorbée par les ventilateurs P_vent(h)*

Si le système est régulé, c'est-à-dire si **Reg = 1** alors

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) :

$$Pvent(h) = Pvent600 \cdot Npl \cdot Rutil \cdot Rmvtpl(h) \quad (709)$$

Sinon :

$$Pvent(h) = 0 \quad (710)$$

Sinon (**Reg = 0** : le système n'est pas régulé), alors, quelle que soit la valeur de h:

$$Pvent(h) = Pvent600 \cdot Npl \cdot Rutil \quad (711)$$

6.13.4.7 *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 :

$$Event = \sum_1^{8760} Pvent(h) \quad (712)$$

La consommation Event est répartie au prorata des surfaces **S_RT** des différentes zones du bâtiment.

6.13.4.8 *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 $C_{ef_park}^z(h)$.

Version du 04/08/20

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 valoriser 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'éclairage 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 regroupées 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 baie 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	$\sum_i \text{Flt1-1}_i$	$\sum_i \text{Flt2-1}_i$	$\sum_i \text{Flt3-1}_i$	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	$\sum_i \text{Flt1-2}_i$	$\sum_i \text{Flt2-2}_i$	$\sum_i \text{Flt3-2}_i$	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	$\sum_i \text{Flt1-0}_i$	$\sum_i \text{Flt2-0}_i$	$\sum_i \text{Flt3-0}_i$	1*3 si uniquement des baies horizontales sinon 2*3
	Type 2 baies verticales i nombre de baies du groupe de type 2	$\sum_i \text{Flt1-2}_i$	$\sum_i \text{Flt2-2}_i$	$\sum_i \text{Flt3-2}_i$	

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 83 : 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 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 – Foyer de jeunes travailleurs, Bâtiment à usage d'habitation – Cité universitaire, 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 dans le cadre de la présente fiche algorithme?*

L'éclairage pris en compte dans le cadre de la présente fiche algorithme 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 particulier. 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.

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 85 est renseigné automatiquement d'après l'usage défini au niveau de la zone.

7.1.2 NOMENCLATURE

Le

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
$T_{e_{ciel}}$	Température du ciel	°C
T_e	Température extérieure d'air sec	°C
w_e	Poids d'eau	kg/kgas
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	-
lp_b	Largeur de la paroi	m	0	+∞	-
hp_b	Hauteur de la paroi	m	0	+∞	-
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	+∞	
d_{pd}	Distance entre la paroi et le masque proche vertical droit	m	0	+∞	
<i>Pour masque vertical gauche</i>					
d_{vg}	Profondeur du masque proche vertical gauche	m	0	+∞	
d_{pg}	Distance entre la paroi et le masque proche vertical gauche	m	0	+∞	

Pour masque proche horizontal

d_{hm}	Profondeur du masque proche horizontal	m	0	$+\infty$
d_{hp}	Distance entre la paroi et le masque proche horizontal	m	0	$+\infty$

Pour masque vertical lointain

d_E	Distance entre le masque vertical lointain et la paroi	m	0	$+\infty$
hp_E	Hauteur du masque lointain vertical par rapport au centre de la paroi	m	0	$+\infty$

Pour masque vertical par tranches azimutales

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 15
$T_{simul_deb_veg}$	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 -
$Id_{masque[N_{masque}]}$	Identifiant des masques	-	-	- -

Sorties

Nom	Description	Unité
T_e	Température extérieure d'air sec	°C
w_e	Poids d'eau	kg/kgas
V_{enc}	La vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s
Dir_{vent}	Direction du vent	°
$T_{e_{ciel}}$	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/m²
$Dfp^*_{,ev}$	Rayonnement diffus atteignant une paroi	W/m²
$Rrp^*_{,ev}$	Rayonnement réfléchi atteignant une paroi	W/m²
$Erp^*_{,ev}$	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/m²
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/m²

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/m²
Dfp	Rayonnement diffus incident	W/m²
Rrp	Rayonnement réfléchi incident	W/m²
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	-
$\Phi^k(h)$	Azimut du soleil par rapport à l'azimut du composant d'enveloppe k.	Rad
ψ'	Azimut 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 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 $E_{i_{nat}}$ est supérieur à un seuil en occupation de jour au pas précédent	h
Nbh _{_occ_Einat_inf(t-1)}	Nombre d'heures pendant lesquelles $E_{i_{nat}}$ 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 85)	-	-	-	-
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	-	0	1	-

(cette valeur est égale à 1 pour les locaux avec
baies de type 1)

Fractionnement du type de gestion en fonction
de l'éclairement naturel

0= gestion non fractionnée de l'éclairage, indice
spécifique à l'habitation

Fr_Grad_ecl,l

- 0 2

1 = gestion non fractionnée de l'éclairage dans
le local

2 = gestion fractionnée de l'éclairage dans le
local

Seuil_auto_lumi

Seuil d'autonomie lumineuse du groupe

lux 0 - 300

Version du 04/08/20

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/m²	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/m²	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 :	lm/W	0	-	20 70 80 90 110
Gest _{ecl,l}	halogène fluocompacte fluorescente halogénures métalliques sodium haute pression 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	
Grad _{ecl,l}	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.	-	0	4	
Eff _{ecl_immo_proj} et	zone de bureaux : densité de puissance de l'éclairage immobilier du projet pour les locaux de bureaux	W/m²/10 0 lux	0	-	-

Eff _{_ecl_mob}	Zone de bureaux : densité de puissance de l'éclairage mobilier du projet pour les locaux de bureaux	W/m ² /10 0 lux			1
Ei _{proj}	Zone bureaux : Eclairage requis du projet pour les locaux de bureaux	Lux	0	-	-

Sorties

Nom	Description	Unité
C _{ECL_local}	Consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'un local sur une heure	Wh
C _{ECL_GR}	Consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'un groupe sur une heure	Wh
Fecl _C	Flux convectif récupérable de l'éclairage artificiel	Wh
Fecl _R	Flux radiatif récupérable de l'éclairage artificiel	Wh
Fecl _{NE}	Flux récupérable de l'éclairage artificiel non émis dans le local	Wh
Nbh _{_occ_Einat_sup}	Nombre d'heures pendant lesquelles Ei _{nat} est supérieur à un seuil en occupation de jour	h
Nbh _{_occ_Einat_inf}	Nombre d'heures pendant lesquelles Ei _{nat} 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 Ei _{nat} 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_mixte}	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
Ei _{ref}	Eclairage intérieur de référence pour le type de local considéré Les valeurs sont données dans le Tableau 85,	lux

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

$E_{i_{max_grad}}$	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
$CTRL_ecl_eiat$	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	-	
$Pecl_immo_projet$	zone commerce, magasin, zones commerciales et bureaux : Puissance de l'éclairage 'immobilier' du projet pour les locaux aire de vente, petits magasins et bureaux	W/m ²	
$Pecl_mob$	zone commerce, magasin, zones commerciales et bureaux : Puissance de l'éclairage 'mobilier' du projet pour les locaux aire de vente, petits magasins et bureaux	W/m ²	
$Plim_projet$	zone commerce, magasin, zones commerciales: Valeur limite de puissance d'éclairage du projet en dessous de laquelle un éclairage 'mobilier' est utilisé pour les locaux aire de vente	W/m ²	
R_{moyen}	coefficient de réflexion lumineuse moyen des parois		
$E_{inat_baiedif(n)}$	éclairage du plan utile par l'éclairement diffus du ciel en provenance des baies avec $n=0$ à 5		
$E_{inat_plafref(n)}$	éclairage du plan utile par le plafond éclairé par le rayonnement réfléchi du sol $n=0$ à 5		
$E_{inat_inter(n)}$	éclairage du plan utile par les interréllections sur les parois $n=0$ à 5		
$Flteq(2)$	flux lumineux équivalent correspondant aux interréllections relatif à la partie au dessus du plan utile des baies		
$Flteq(0),$	flux lumineux équivalents correspondants aux interréllections 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	
$E_{inat(0)}$	Eclairement du plan utile par les éclairants type_baie =0		
$E_{inat(1)}$	Eclairement du plan utile par les éclairants type_baie =1		
$E_{inat(2)}$	Eclairement du plan utile par les éclairants		

type_baie =2
 Ecl_immo_projet zones bureaux : Niveau d'éclairement de l'éclairage
 'immobilier' du projet pour les locaux de bureaux Lux

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$R_{A,AT}^{gr}$	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
Eff_{conv}	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	lm/W	80
Ei_{min}	Elairement naturel minimum en-deçà duquel l'éclairage artificiel est indispensable	lux	0 +inf. 100
$Plim_{conv}$	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	W/m ²	20
$Pecl_{mob_petit_magasin}$	zone commerce, magasin, zones commerciales: Puissance de l'éclairage 'mobilier' du projet pour les locaux petits magasins	W/m ²	50
	Locaux divisés Type_baie= 2		
$R_{oplafond_pv}$	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		2.5
	Locaux de grands volumes Type_baie= 0 et 1		
$R_{oplafond_gv}$	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		0.5
	Pour les éclairants répartis uniformément Type baie= 1		
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		0.9
	Pour les autres éclairants : type baie= 0 et/ou 2		
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
$K1_{gvu}$	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT1 pour une baie de type 1		
$K2_{gvu}$	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT2 pour une baie de type 1		
$K3_{gvu}$	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT3 pour une baie de type 1		

K1gv	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT1 pour une baie de type 0
K2gv	Coefficient du polynome permettant de calculer Einat relatif au flux lumineux FIT2 pour une baie de type 0
K3gv	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 84 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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

$$P_{ecl_tot} = 1 \quad \text{W/m}^2 \quad (713)$$

$$P_{ecl_aux,l} = 0 \text{ W/m}^2$$

$$Gest_ecl = 1$$

$$Grad_ecl = 1$$

$$fr_Grad_Ecl = 0$$

si Type_bat = Enseignement secondaire (partie nuit)

ou Bâtiment à usage d'habitation – Foyer de jeunes travailleurs

ou Bâtiment à usage d'habitation – Cité universitaire

ou Bâtiment à usage d'habitation – établissement sanitaire avec hébergement

et si Type_local = chambre sans cuisine ni salle de bain

ou chambre sans cuisine avec salle de bain

ou chambre sans cuisine avec salle d'eau

$$P_{ecl_tot,l} = 4 \text{ W/m}^2$$

$$P_{ecl_aux,l} = 0 \text{ W/m}^2$$

$$Gest_ecl = 1$$

$$Grad_ecl = 1$$

$$fr_Grad_Ecl = 1$$

si Type_bat = **hôtel (partie nuit)**

et si Type_local = chambre sans cuisine avec salle de bain

$$P_{ecl_tot,l} = 4,65 \text{ W/m}^2$$

$$P_{ecl_aux,l} = 0 \text{ W/m}^2$$

$$Gest_ecl = 1$$

$$Grad_ecl = 1$$

$$fr_Grad_Ecl = 1$$

Sinon

$$P_{ecl_tot} = 2 * Ei_{ref} / 100 \quad \text{W/m}^2 \quad (714)$$

$$P_{ecl_aux,l} = 0 \text{ W/m}^2$$

$$Gest_ecl = 2$$

$$Grad_ecl = 1$$

$$fr_Grad_Ecl = 1$$

Ei_{ref} est issu du Tableau 85.

7.1.3.2 Calcul de la puissance d'éclairage totale, $P_{ecl_tot,l}$, pour Th-C

7.1.3.2.1 *Zones hébergement hors hôpitaux*

Ce calcul n'est à mener qu'une seule fois en début de simulation.

si Type_bat = Enseignement secondaire (partie nuit)

ou Bâtiment à usage d'habitation – Foyer de jeunes travailleurs

ou Bâtiment à usage d'habitation – Cité universitaire

ou établissement sanitaire avec hébergement

et si Type_local = chambre sans cuisine ni salle de bain

ou chambre sans cuisine avec salle de bain

ou chambre sans cuisine avec salle d'eau

$$P_{\text{ecl_tot,l}} = 4 \text{ W/m}^2$$

$$P_{\text{ecl_aux,l}} = 0 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Gest_ecl} = 1$$

$$\text{Grad_ecl} = 1$$

si Type_bat = **hôtel (partie nuit)**

et si Type_local = chambre sans cuisine avec salle de bain

$$P_{\text{ecl_tot,l}} = 4,65 \text{ W/m}^2$$

$$P_{\text{ecl_aux,l}} = 0 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Gest_ecl} = 1$$

$$\text{Grad_ecl} = 1$$

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.

La consommation d'éclairage résulte de l'éclairage général, opposable et appelé ici immobilier et l'éclairage apporté après construction, appelé ici mobilier. Les deux ont bien évidemment un impact sur les consommations d'énergie et les apports internes alors que seul le premier est connu.

Une contrainte pour cette prise en compte est qu'il est délicat de prendre en compte le niveau d'éclairement requis ou calculé hors du champ d'une réglementation énergie et qui nécessiterait de définir de façon opposable et les niveaux requis et le mode de calcul du résultat.

Le principe retenu est de prendre en compte l'efficacité lumineuse moyenne des seules sources de l'éclairage immobilier.

En retenant une valeur conventionnelle de puissance $P_{\text{lim_conv}}$ associée à une efficacité lumineuse Eff_conv en-dessous de laquelle on considère qu'un éclairage mobilier est nécessaire, on peut calculer cette même valeur limite pour une autre efficacité,

$$P_{\text{lim_projet}} = P_{\text{lim_conv}} \cdot \text{Eff_conv} / \text{Eff_immo_projet} \quad (715)$$

Au dessous de cette valeur, le complément est calculé sur la base d'une puissance surfacique de 50W/m² (mi halogène, mi fluorescente).

Si Type_bat = commerces magasins ZI

si Type_local = petit magasin de vente

$$P_{\text{ecl_immo_projet}} = 0$$

$$P_{\text{ecl_mob_petit_magasin}} = 50 \text{ W/m}^2$$

$$P_{\text{ecl_tot,l}} = P_{\text{ecl_immo_projet}} + P_{\text{ecl_mob_petit_magasin}}$$

si Type_local = aire de vente

$$P_{\text{ecl_immo_projet}} = P_{\text{ecl_tot,l}}$$

On calcule la valeur limite en-dessous de laquelle un éclairage mobilier est utilisé :

$$P_{\text{lim_projet}} = P_{\text{lim_conv}} * \text{Eff_conv} / \text{Eff_immo_projet}$$

L'éclairage mobilier a pour valeur :

$$P_{\text{ecl_mob}} = \max \{0 ; 50 * (1 - P_{\text{ecl_immo_projet}} / P_{\text{lim_projet}})\}$$

La puissance d'éclairage totale installée est alors :

$$P_{\text{ecl_tot,l}} = P_{\text{ecl_immo_projet}} + P_{\text{ecl_mob}}$$

On considère que la puissance mobilière et la puissance immobilière sont gérées de la même façon.

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 $\text{Eff}_{\text{ecl_mob}} = 1 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$.

Si Type_bat = bureaux

si Type_local = bureaux

$$P_{\text{ecl_immo_projet}} = P_{\text{ecl_tot,l}}$$

si $P_{\text{ecl_immo_projet}} < 10 \text{ W/m}^2$

$$\text{Ecl_immo_projet} = 100 * P_{\text{ecl_immo_projet}} / \text{Eff_ecl_immo_projet}$$

si $\text{Ecl_immo_projet} < \text{Ei}_{\text{proj}}$

$$P_{\text{ecl_mob}} = (\text{Ei}_{\text{proj}} - \text{Ecl_immo_projet}) / 100 * \text{Eff_ecl_mob}$$

sinon

$$P_{\text{ecl_mob}} = 0$$

$$P_{\text{ecl_tot,l}} = P_{\text{ecl_immo_projet}} + P_{\text{ecl_mob}}$$

sinon

$$P_{\text{ecl_tot,l}} = P_{\text{ecl_immo_projet}}$$

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 85, il s'agit :

- des établissements sportifs scolaires : salle de sport
- Des établissements sportifs privés et municipaux : 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

$$E_{inat} = E_{inat(1)} + E_{inat(0)} \quad (716)$$

Sinon le local a un volume normal

$$E_{inat} = E_{inat(2)} \quad (717)$$

Note : Pour les groupes dont tous les locaux ont un accès impossible à la lumière naturelle ($A_{eclnat} = 0$), on prendra $E_{inat} = 0$ 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**

$$E_{\text{inat}}_{\text{baiedif}(1)} * Ae_{\text{clnat01}} = Flt2(1) * FF_{\text{bpu}}$$

$$E_{\text{inat}}_{\text{plafref}(1)} * Ae_{\text{clnat01}} = Flt3(1) * \text{roplafond_gv} * FF_{\text{plpu}}$$

$$Flteq(1) = Rosol_gv * Flt1(1) + Flt2(1) + \text{roplafond_gv} * Flt3(1)$$

$$Romoyen = (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)$$

$$E_{\text{int}}_{\text{inter}(1)} * Ae_{\text{clnat01}} = [Rosol_gv * Flt1(1) + Flt2(1) + \text{roplafond_gv} * Flt3(1)] / R_{\text{grA,At}} * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv) / (1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)])$$

Soit $E_{\text{inat}(1)} = 1 / Ae_{\text{clnat01}} * (E_{\text{inat}}_{\text{baiedif}(1)} + E_{\text{inat}}_{\text{plafref}(1)} + E_{\text{inat}}_{\text{inter}(1)})$ peut s'écrire sous la forme

$$E_{\text{inat}(1)} = 1 / Ae_{\text{clnat01}} * [K1_{\text{gvu}} * Flt1(1) + K2_{\text{gvu}} * Flt2(1) + K3_{\text{gvu}} * Flt3(1)]$$

Avec $K1_{\text{gvu}}$, $K2_{\text{gvu}}$ et $K3_{\text{gvu}}$ des constantes qui prennent les expressions :

$$K1_{\text{gvu}} = Rosol_gv / R_{\text{grA,At}} * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv) / (1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)])$$

$$K2_{\text{gvu}} = FF_{\text{bpu}} + 1 / R_{\text{grA,At}} * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv) / (1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)])$$

$$K3_{\text{gvu}} = \text{roplafond_gv} * FF_{\text{plpu}} + \text{roplafond_gv} / R_{\text{grA,At}} * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv) / (1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)])$$

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**

$$E_{\text{inat}}_{\text{baiedif}(0)} = Flt2(0) * FF_{\text{bpu_h}} / Ae_{\text{clnat01}}$$

$$E_{\text{inat}}_{\text{plafref}(0)} = Flt3(0) * FF_{\text{plpu_h}} * \text{roplafond_gv} / Ae_{\text{clnat01}}$$

$$Flteq(0) = Rosol_gv * Flt1(0) + Flt2(0) + \text{roplafond_gv} * Flt3(0)$$

$$Romoyen = (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)$$

$$E_{\text{int}}_{\text{inter}(0)} = [Rosol_gv * Flt1(0) + Flt2(0) + \text{roplafond_gv} * Flt3(0)] / (R_{\text{grA,At}} * Ae_{\text{clnat01}}) * (Romoyen / (1 - Romoyen))$$

Soit $E_{\text{inat}(0)} = 1 / Ae_{\text{clnat01}} * (E_{\text{inat}}_{\text{baiedif}(0)} + E_{\text{inat}}_{\text{plafref}(0)} + E_{\text{inat}}_{\text{inter}(0)})$ peut s'écrire sous la forme

$$E_{\text{inat}(0)} = 1 / Ae_{\text{clnat01}} * [K1_{\text{gv}} * Flt1(0) + K2_{\text{gv}} * Flt2(0) + K3_{\text{gv}} * Flt3(0)]$$

Avec $K1_{\text{gv}}$, $K2_{\text{gv}}$ et $K3_{\text{gv}}$ des constantes qui prennent les expressions :

$$K1_{\text{gv}} = Rosol_gv / R_{\text{grA,At}} * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv) / (1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + \text{Roplafond_gv}) / (2 + Rmursol_gv)])$$

$$K2_{gv} = \frac{FFbpu_h + 1/RgrA,At * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + Roplafond_gv) / (2 + Rmursol_gv)}{(1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + Roplafond_gv) / (2 + Rmursol_gv)])}$$

$$K3_{gv} = \frac{roplafond_gv * FFplpu_h + roplafond_gv / RgrA,At * (Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + Roplafond_gv) / (2 + Rmursol_gv)}{(1 - [(Rosol_gv + Rmursol_gv * Romurs_gv + Roplafond_gv) / (2 + Rmursol_gv)])}$$

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**

$$Einat_{baiedif(2)} = Flt2(2) * FFbpu_h / Aeclnat2$$

$$Einat_{plafref(2)} = Flt3(2) * FFplpu_h * roplafond_pv / Aeclnat2$$

$$Flteq(2) = (Rosol_pv * Flt1(2) + Flt2(2) + roplafond_pv * Flt3(2))$$

$$Romoyen = (Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)$$

$$Einat_{inter(2)} = [Rosol_pv * Flt1(2) + Flt2(2) + roplafond_pv * Flt3(2)] / (RgrA,At * Aeclnat2) * (Romoyen / (1 - Romoyen))$$

Soit $Einat_{(2)} = 1 / Aeclnat2 * (Einat_{baiedif(2)} + Einat_{plafref(2)} + Einat_{inter(2)})$ peut s'écrire sous la forme

$$Einat_{(2)} = 1 / Aeclnat2 * [K1_{vn} * Flt1(2) + K2_{vn} * Flt2(2) + K3_{vn} * Flt3(2)]$$

Avec $K1_{vn}$, $K2_{vn}$ et $K3_{vn}$ des constantes qui prennent les expressions :

$$K1_{vn} = \frac{Rosol_pv / RgrA,At * (Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)}{(1 - [(Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)])}$$

$$K2_{vn} = \frac{FFbpu_h + 1/RgrA,At * (Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)}{(1 - [(Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)])}$$

$$K3_{vn} = \frac{roplafond_pv * FFplpu_h + roplafond_pv / RgrA,At * (Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)}{(1 - [(Rosol_pv + Rmursol_pv * Romurs_pv + Roplafond_pv) / (2 + Rmursol_pv)])}$$

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 : $I_{Ecl} = 1$

$$Si \text{ Jour_astro} = 0, \text{ alors } Nbh_{occ_nuit} = Nbh_{occ_nuit}(h-1) + 1 \quad \text{heures de nuit}$$

Sinon si Jour_astro > 0 : heures de jour

Si $(E_{i_{nat}(0)} + E_{i_{nat}(1)} + E_{i_{nat}(2)}) \geq \text{Seuil_auto_lumi}$

$$\text{Nbh_occ_Einat_sup} = \text{Nbh_occ_Einat_sup}(h-1) + 1 \quad (718)$$

sinon

$$\text{Nbh_occ_Einat_inf} = \text{Nbh_occ_Einat_inf}(h-1) + 1$$

- lorsque l'éclairage est non autorisé : $I_{Ecl} = 0$

$$\text{Nbh_ecl_non_aut} = \text{Nbh_ecl_non_aut}(h-1) + 1$$

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 :

$$\text{Taux_occ_einat_sup} = 100 * \text{Nbh_occ_Einat_sup} / (\text{Nbh_occ_Einat_sup} + \text{Nbh_occ_Einat_inf})$$

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

$$\text{Si baie de Type 1 et ou 0 alors } \text{Taux}_{\text{eclnat}} = (A_{\text{eclnat01}} + A_{\text{eclnat0}} + A_{\text{eclnat2}}) / A_{\text{gr}} \cdot 1$$

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 éclairage vertical uniformément réparti et l'autre non.

$$\text{si } \text{Taux}_{\text{eclnat}} = 0 \quad \text{Grp_sans_accès} = 1, \text{Grp_accès_mixte} = 0, \text{Grp_accès_total} = 0$$

$$\text{si } 0 < \text{Taux}_{\text{eclnat}} < 1 \quad \text{Grp_sans_accès} = 0, \text{Grp_accès_mixte} = 1, \text{Grp_accès_total} = 0$$

$$\text{si } \text{Taux}_{\text{eclnat}} = 1 \quad \text{Grp_sans_accès} = 0, \text{Grp_accès_mixte} = 0, \text{Grp_accès_total} = 1$$

- part de surface du groupe en fond de local profond ayant accès à la lumière naturelle

$$\text{Soient les locaux tels que } \text{Ratio}_{\text{eclnat}} > 0 \quad \text{Taux}_{\text{fond_local}} = (\sum_l \text{Ratio}_{\text{local},l} \cdot (1 - \text{Ratio}_{\text{ecl_nat},l}))$$

- part de surface du groupe n'ayant pas accès à la lumière naturelle

$$\text{Soient les locaux tels que } \text{Ratio}_{\text{eclnat}} = 0 \quad \text{Taux}_{\text{pas_eclnat}} = \sum_l \text{Ratio}_{\text{local},l}$$

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 :

$$C_{ECL_GR} = \sum_{l \in \text{groupe}} C_{ECL_local,l} \quad (719)$$

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

$P_{ecl_aux} = 0$

$$Cecl_{local,i} = \text{Max} (P_{ecl_{tot,l}} * CTRL_{ecl_{occ,l}} * CTRL_{ecl_{inat,l}} ; P_{ecl_{aux,l}}) * \frac{A_{local,l}}{1000} \quad (720)$$

Détermination des différents termes de l'équation :

Surface du local $A_{local,l}$

Avec $A_{local,l}$ = 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 :

(721)

$CTRL_ecl_occ(h) = 0$ Si $I_{Ecl}(h) = 1$, alors : $CTRL_ecl_occ(h) = C1$	
--	--

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.

- 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 2. 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.

type de zone	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_ecl = 4	Eréf (lux)
Bureaux	Bureau	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	salle de réunion	0,7	0,65	0,6	0,5	500
	Circulation Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte- garderie)	salles de jeux (hors restauration et bureau)	0,95	0,9	0,85	0,75	300
	salle de repos	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	Bureau	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	salle de réunion	0,8	0,75	0,7	0,6	500
	Circulation Accueil	0,6	0,55	0,5	0,4	100
	Sanitaires vestiaire	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Enseignement primaire	salles de classe	0,95	0,9	0,85	0,75	300
	Bureau	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	salle de réunion	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	salle de repos	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	Circulation Accueil	0,6	0,55	0,5	0,4	100
	Sanitaires vestiaire	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Enseignement secondaire (partie jour)	salles de classes	0,95	0,9	0,85	0,75	300
	salle de réunion	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	salles enseignement informatique	0,95	0,9	0,85	0,75	300
	Salle de conférence salle polyvalente	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	Bureau standard	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	centre de documentation	0,8	0,75	0,7	0,6	500
	Salle des professeurs	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	Circulation Accueil	0,6	0,55	0,5	0,4	100
	Sanitaire collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Enseignement secondaire (partie nuit)	douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Sanitaire collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Circulation	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	chambre sans cuisine ni salle de bain	0,6	0,55	0,5	0,4	300
Enseignement - université	salles de classe	0,95	0,9	0,85	0,75	300
	amphithéâtres, salle de conférence	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	salles enseignement informatique	0,95	0,9	0,85	0,75	300
	centre de documentation	0,8	0,75	0,7	0,6	500
	Bureaux	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	salle de réunion	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	Accueil hall d'entrée circulation	0,6	0,55	0,5	0,4	100
	Sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	Salle de conférence	0,8	0,75	0,7	0,6	300
	Chambre sans cuisine avec salle de bain	0,6	0,55	0,5	0,4	300
	Bureau standard	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Circulation Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Foyer	0,8	0,75	0,7	0,6	500
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	Chambre sans cuisine avec salle de bain	0,6	0,55	0,5	0,4	300
	Bureau standard	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Circulation/Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200

Hotel 0 et 1* (partie nuit)	chambre sans cuisine avec salle de bains	0,6	0,55	0,5	0,4	300
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
	Circulation	0,8	0,75	0,7	0,6	100
Hotel 2* (partie nuit)	chambre sans cuisine avec salle de bains	0,6	0,55	0,5	0,4	300
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
	Circulation	0,8	0,75	0,7	0,6	100
Hotel 3* (partie nuit)	chambre sans cuisine avec salle de bains	0,6	0,55	0,5	0,4	300
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
	Circulation	0,8	0,75	0,7	0,6	100
Hotel 4* ou 5* (partie nuit)	chambre sans cuisine avec salle de bains	0,6	0,55	0,5	0,4	300
	sanitaires collectifs	1	0,95	0,9	0,8	150
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
	Circulation	0,8	0,75	0,7	0,6	100
Hotel 0*1* 2* (partie jour)	Bureau standard	0,8	0,75	0,7	0,6	500
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Circulation Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Salle à manger (petit déjeuner)	1	1	1	1	200
Hotel 3*, 4* ou 5* (partie jour)	Bureau standard	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Circulation Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Bar	1	1	1	1	200
	Salle à manger (petit déjeuner)	1	1	1	1	200
	salle de séminaires réunion	0,8	0,75	0,7	0,6	500
Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	Salle restaurant	1	1	1	1	200
	Cuisine	1	1	1	1	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	Salle restaurant	1	1	1	1	200
	Cuisine	1	1	1	1	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	Salle restaurant	1	1	1	1	200
	Cuisine	1	1	1	1	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Restauration 2 repas/jour, 6j/7	Salle restaurant	1	1	1	1	200
	Cuisine	1	1	1	1	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Restauration - 2 repas/jour, 7/7	Salle restaurant	1	1	1	1	200
	Cuisine	1	1	1	1	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Restauration commerciale en continu (18h/j 7j/7)	Salle restaurant	1	1	1	1	200
	Cuisine	1	1	1	1	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Etablissement sportif scolaire	salle de sport	0,9	0,85	0,8	0,7	300
	Circulation Accueil	1	0,95	0,9	0,8	150
	Sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Etablissement sportif municipal ou privé	salle de sport	0,9	0,85	0,8	0,7	300
	Circulation Accueil	1	0,95	0,9	0,8	150
	Sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Bâtiment à usage d'habitation : établissement sanitaire avec hébergement	chambres sans cuisine avec salle d'eau	1	1	1	1	500
	Circulation accueil	1	1	1	1	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	bureau	0,9	0,85	0,8	0,7	500

Hôpital (partie nuit)	Chambres sans cuisine avec salle d'eau	1	1	1	1	500
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Circulation accueil	1	1	1	1	200
	Locaux soins et offices	1	1	1	1	500
	Bureau	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Salle d'attente et urgence consultation	1	1	1	1	500
	Aire de production	1	0,95	0,9	0,8	500
Hôpital (partie jour)	Aire de production	1	0,95	0,9	0,8	500
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Circulation accueil	1	1	1	1	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Salle d'attente et consultation	1	1	1	1	500
	Bureau	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	salle de réunion	0,7	0,65	0,6	0,5	500
Industrie - 3x8h	Bureaux standard	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Circulation Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Aire de production	1	1	1	1	300
	Sanitaire vestiaire	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Industrie - 8h à 18h	Bureaux standard	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Circulation Accueil	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Aire de production	1	1	1	1	300
	Sanitaire vestiaire	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
Tribunal	bureaux standards	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Accueil salle des pas perdus	1	1	1	1	300
	Attente gardée	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Salle d'audience correctionnelle	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Salle d'audience civile	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	bibliothèque	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	circulation	0,8	0,75	0,7	0,6	100
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200
	sanitaires vestiaires	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Transport - Aéroport	Voyageurs	1	1	1	1	200
	Galleries de circulation	1	0,75	0,7	0,6	150
	Commerces	1	1	1	1	300
	Bureaux	0,9	0,85	0,8	0,7	500
	Inspection filtrage	1	1	1	1	500
	Sanitaire vestiaire	0,7	0,65	0,6	0,5	200
Commerce / Magasin Zone commerciale	Petit magasin de vente	1	1	1	1	300
	Aire de vente (supérieure à 300m²)	1	1	1	1	300
	Circulation (mail)	1	1	1	1	300
	sanitaires collectifs	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	douches collectives	0,7	0,65	0,6	0,5	200
	Locaux de services	0,06	0,05	0,04	0,02	200

Tableau 85 : 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 RE2020, 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 inférieur 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

$$2,5*(h_{Li} - h_{Ta}) \quad [m]$$

des parties des groupes situées à une distance d'une baie non horizontale supérieure à $2,5*(h_{Li} - h_{Ta})$,

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 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 $C2_{ae,l}$ et $C2_{pae,l}$

Les coefficients C2, c'est-à-dire $C2_{ae,l}$ et $C2_{pae,l}$, 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 85 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'éclairement 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 éclairement constant : $Grad_{ecl} = 2$**

La gradation automatique permet d'apporter le complément de lumière artificielle lorsque l'éclairement naturel intérieur n'est pas suffisant, de manière à maintenir un éclairement total (naturel et artificiel) constant.

Lorsque l'éclairement naturel intérieur dépasse l'éclairement 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'éclairement naturel intérieur plus important, égal à 2 fois l'éclairement 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'éclairement (interrupteur crépusculaire) :**

- Allumage et extinction automatiques par détection de franchissement de seuil d'éclairement : $\text{Grad}_{\text{ecl}} = 3$

Ce mode de gestion consiste à allumer automatiquement l'éclairage artificiel lorsque l'éclairement naturel intérieur est inférieur à l'éclairement à maintenir dans le local. De plus, l'éclairage artificiel est automatiquement éteint lorsque l'éclairement naturel intérieur est supérieur à l'éclairement à maintenir dans le local.

- Extinction automatique par détection de franchissement de seuil d'éclairement : $\text{Grad}_{\text{ecl}} = 4$

Ce mode de gestion consiste à éteindre automatiquement l'éclairage artificiel lorsque l'éclairement naturel intérieur est supérieur à l'éclairement à maintenir dans le local.

Lorsque que l'éclairement naturel intérieur est inférieur à l'éclairement 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 $C_{2ae,l}$ et $C_{2pae,l}$, 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, $\text{Fr}_{\text{Grad}_{\text{ecl},l}}$, 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'éclairement naturel,
- Lorsqu'une partie seulement de local a accès à la lumière naturelle, on considère que l'éclairement naturel intérieur dans la zone n'y ayant pas accès n'est pas nul mais réduit par rapport à l'éclairement naturel de la zone y ayant accès.
- Le système de gestion fractionné gère indépendamment la partie ayant accès à l'éclairement naturel et la partie n'y ayant pas accès. On définit donc deux coefficients C_2 par local :
 - $C_{2ae,l}$ dans la partie du local l avec accès à la lumière naturelle
 - $C_{2pae,l}$ 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'éclairement 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 $C_{2ae,1}$ et $C_{2pae,1}$ 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 86 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)} + Ei_{nat(1)}$

- **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 $1 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,7$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)} * (2,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 1,5)$

Si $0,7 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,2$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)} * (0,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 0,1)$

Si $0,2 \geq Ratio_{_ecl_nat,l}$

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat} = 0$

Sinon

(le système de gestion est fractionné) :

Si $1 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,7$

$C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)} * (2,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 1,5)$

$C2_{ae,l}$ calculé à l'aide des données du tableau 76 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)}$

Si $0,7 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,2$

$C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)} * (0,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 0,1)$

$C2_{ae,l}$ calculés à l'aide des données du tableau 76 avec

$Ei_{nat} = Ei_{nat(0)}$

Si $0,2 \geq Ratio_{_ecl_nat,l}$

$C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat} = 0$

$C2_{ae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec

$Ei_{nat(0)}$

Si $Ratio_{_ecl_nat0,l} = 0$ (tout le local n'a pas accès à la lumière naturelle)

$C2_{ae,l} = C2_{pae,l} = 1$

- **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 $1 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,7$
 $C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec
 $Ei_{nat} = Ei_{nat(2)} * (2,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 1,5)$
Si $0,7 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,2$
 $C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec
 $Ei_{nat} = Ei_{nat_2} * (0,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 0,1)$

Si $0,2 \geq Ratio_{_ecl_nat,l}$
 $C2_{ae,l} = C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec
 $Ei_{nat} = 0$

Sinon (le système de gestion est fractionné) :

Si $1 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,7$
 $C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec
 $Ei_{nat} = Ei_{nat(2)} * (2,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 1,5)$
 $C2_{ae,l}$ calculé à l'aide des données du Tableau 86 avec $Ei_{nat(2)}$

Si $0,7 \geq Ratio_{_ecl_nat,l} > 0,2$
 $C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec
 $Ei_{nat} = Ei_{nat(2)} * (0,5 * Ratio_{ecl_nat,l} - 0,1)$
 $C2_{ae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec $Ei_{nat(2)}$

Si $0,2 \geq Ratio_{_ecl_nat,l}$
 $C2_{pae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec
 $Ei_{nat} = 0$
 $C2_{ae,l}$ calculés à l'aide des données du Tableau 86 avec $Ei_{nat(2)}$

Si $Ratio_{_ecl_nat,l} = 0$ (tout le local n'a pas accès à la lumière naturelle)
 $C2_{ae,l} = C2_{pae,l} = 1$

Pour appliquer les algorithmes précédents afin de déterminer les valeurs de C2, c'est-à-dire $C2_{ae,l}$ et $C2_{pae,l}$, il faut déterminer la valeur de Ei_{nat} . 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 : ($E_{i_{nat}} = 0$; C2 = 1) Point B : ($E_{i_{nat}} = 100$; C2 = 1) Point G : ($E_{i_{nat}} = 700$; C2 = 0,3) Point J : ($E_{i_{nat}} = 2800$; C2 = 0) pour $E_{i_{nat}} > 2800$, on a C2 = 0
2 : Gradation automatique à éclairement constant	Point A : ($E_{i_{nat}} = 0$; C2 = 1) Point B : ($E_{i_{nat}} = 100$; C2 = 1) Point E : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = Part_resid_grad) Point H : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{max_grad}}$; C2 = Part_resid_grad) Point I : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{max_grad}}$; C2 = 0) pour $E_{i_{nat}} > 2 * E_{i_{Ref,I}}$, on a C2 = 0 avec : $E_{i_{max_grad}} = 2 * E_{i_{Ref,I}}$ Part_resid_grad = 0,15
3 : allumage et extinction automatiques par détection de franchissement d'un seuil d'éclairement.	Point A : ($E_{i_{nat}} = 0$; C2 = 1) Point C : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = 1) Point F : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = 0) pour $E_{i_{nat}} > E_{i_{Ref,I}}$, on a C2 = 0
4 : extinction automatique par détection de franchissement d'un seuil d'éclairement.	Point A : ($E_{i_{nat}} = 0$; C2 = 1) Point B : ($E_{i_{nat}} = 100$; C2 = 1) <ul style="list-style-type: none"> Si $E_{i_{Ref,I}} < 700$ (voir figure 1) : Point D : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = $(1/6) * (6,7 - 7 * E_{i_{Ref,I}} / 1000)$) Point F : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = 0) pour $E_{i_{nat}} > E_{i_{Ref,I}}$, on a C2 = 0 Si $E_{i_{Ref,I}} \geq 700$ (voir figure 2) : Point G : ($E_{i_{nat}} = 700$; C2 = 0,3) Point D : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = $0,4 - E_{i_{Ref,I}} / 7000$) Point F : ($E_{i_{nat}} = E_{i_{Ref,I}}$; C2 = 0) pour $E_{i_{nat}} > E_{i_{Ref,I}}$, on a C2 = 0

Tableau 86 : points de référence pour calculer les valeurs des coefficients C2.

On note par convention :

$$E_{\min} = 100$$

$$E_{\max} = 2 * E_{\text{Ref},I}$$

$$\text{Part_resid_grad} = 0,15.$$

La mise en forme des deux algorithmes et des conventions conduisent aux deux courbes suivantes :

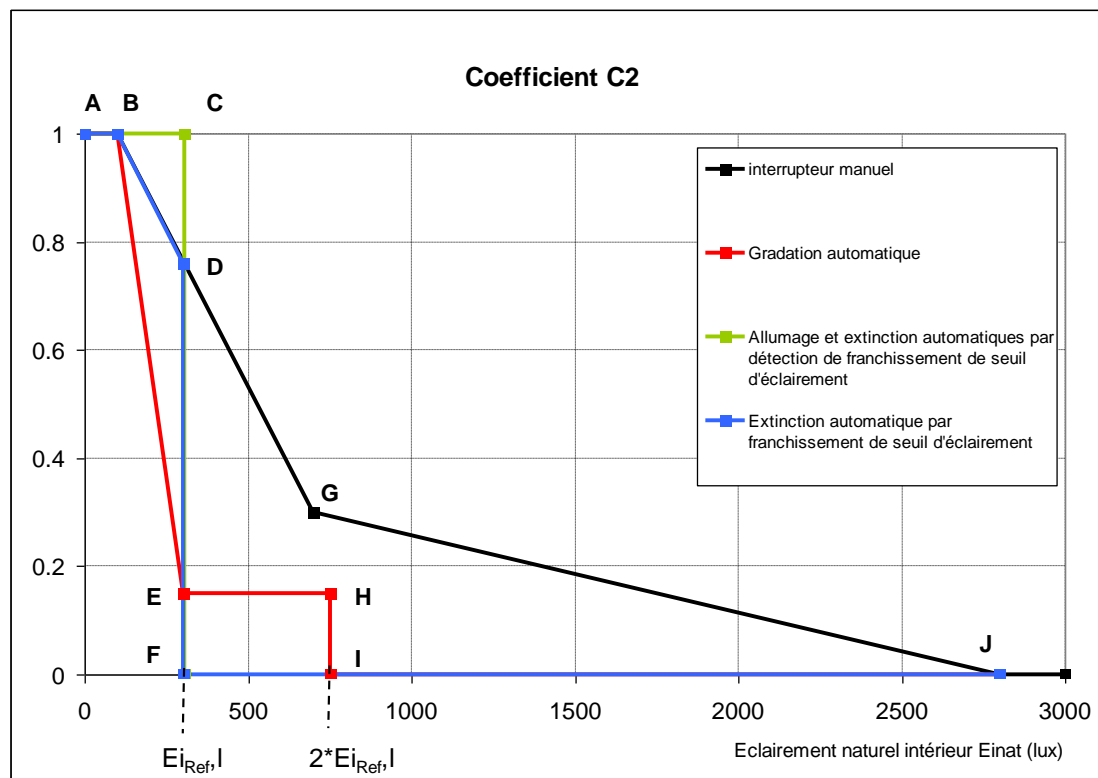


Figure 1 : Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairement naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairement intérieur $E_{\text{Ref},I}$ inférieur à 700 lux.

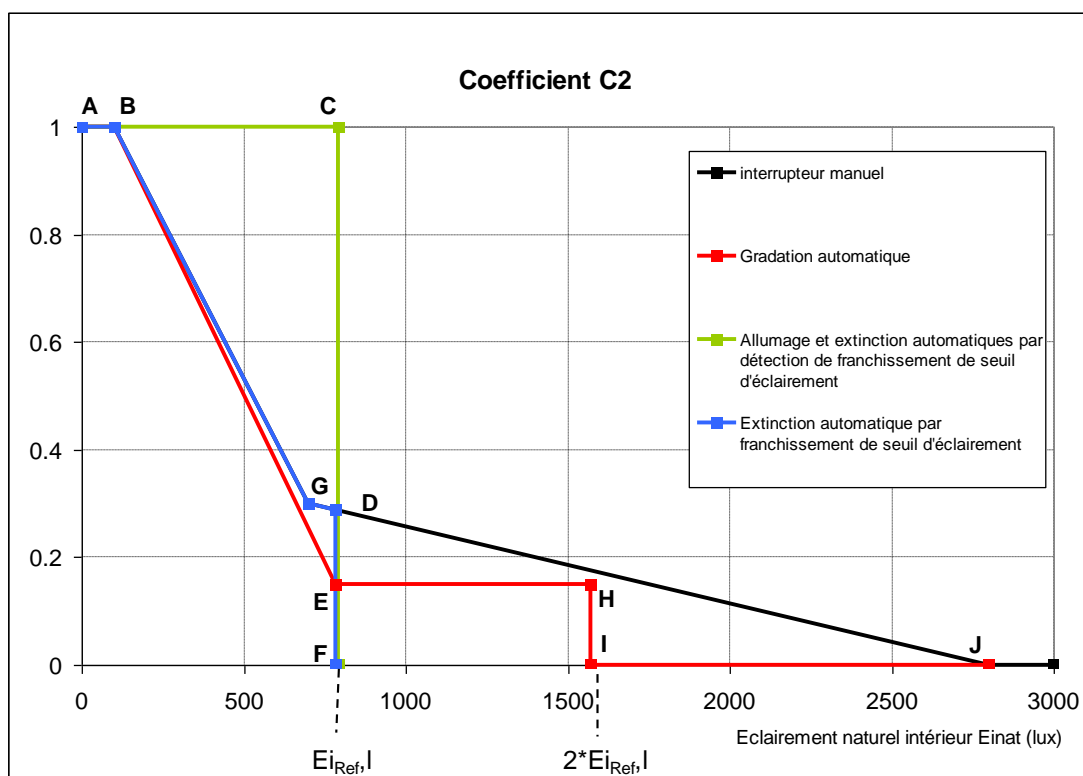


Figure 2 : Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairage naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairage intérieur $E_{Ref,l}$ supérieur à 700 lux.

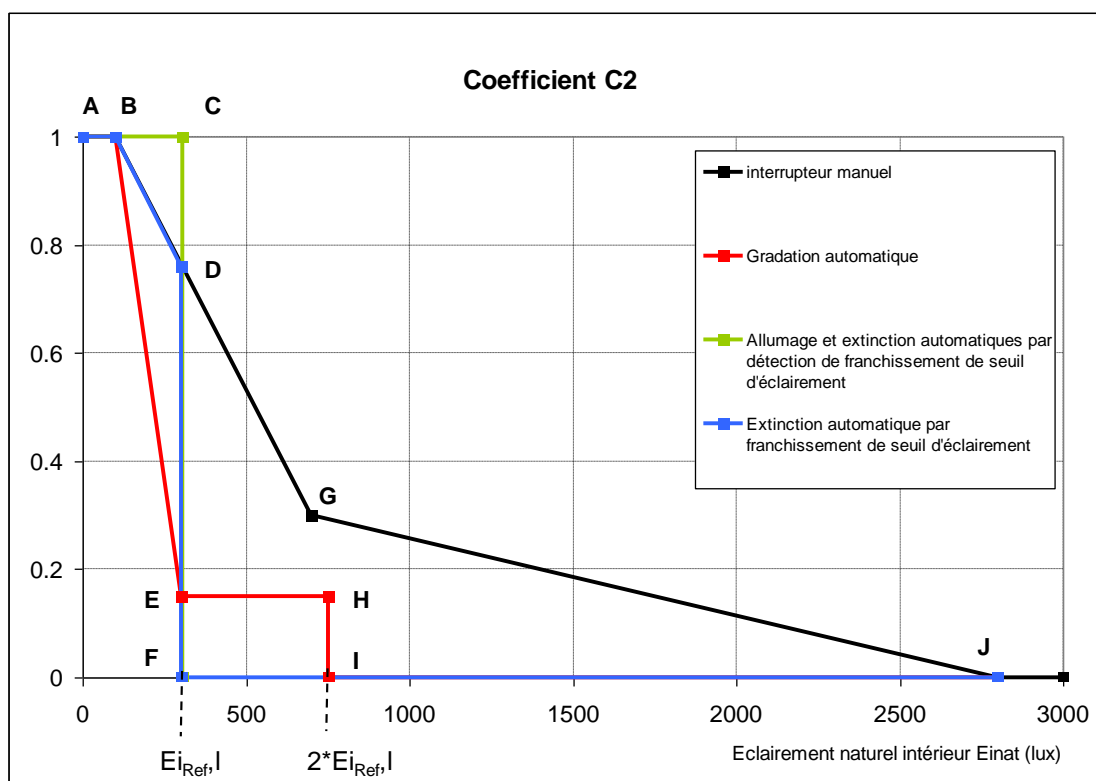


Figure 1 : Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairage naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairage intérieur $E_{i,Ref,I}$ inférieur à 700 lux.

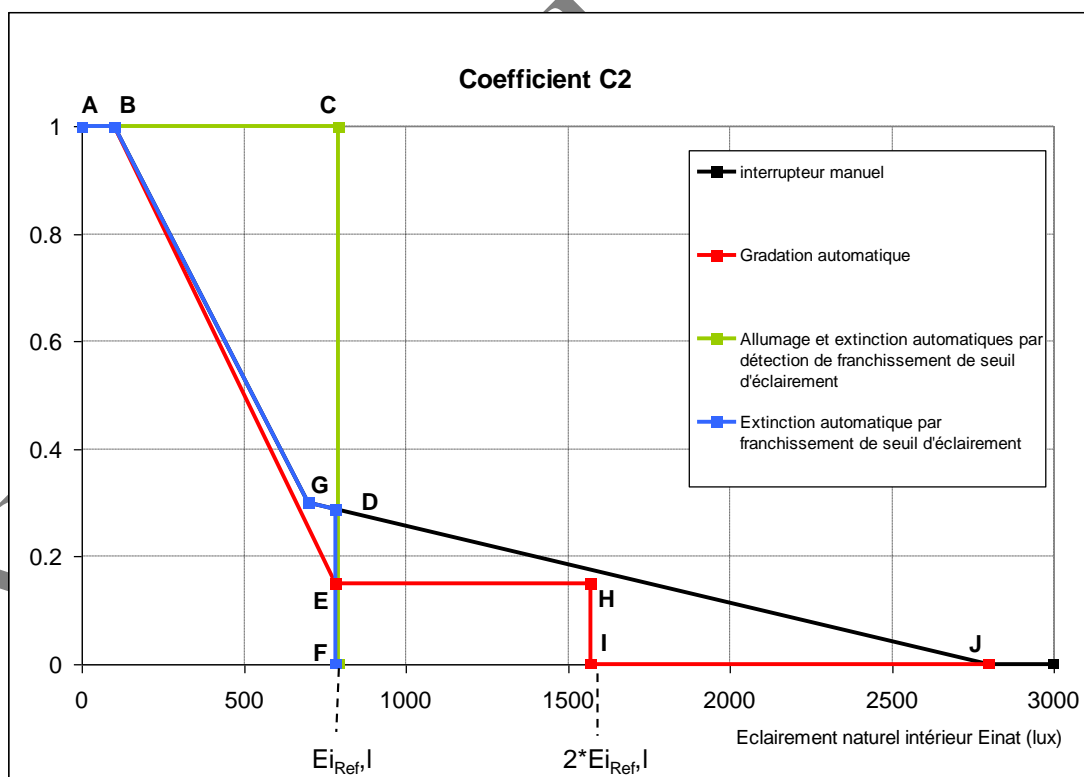


Figure 2 : Courbes donnant les valeurs de C2 selon l'éclairage naturel intérieur et le mode de gestion des apports de lumière naturelle. Exemple pour un éclairage intérieur $E_{i,Ref,I}$ supérieur à 700 lux.

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 :

$$C_{ECL_local,i} = \text{Maximum} \{P_{ecl_tot,i} * CTRL_{ecl_occ,i} * CTRL_{ecl_eiat,i} ; P_{ecl_aux,i}\} * A_{local,i} / 1000 \quad (722)$$

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 :

<p>Si $I_{Ecl}(h) = 0$, alors :</p> <p style="padding-left: 40px;">$CTRL_{ecl_occ}(h) = 0$</p> <p>Si $I_{Ecl}(h) = 1$, alors :</p> <p style="padding-left: 40px;">$CTRL_{ecl_occ}(h) = C1$</p>	(723)
--	-------

Elle appliquée en revanche avec les valeurs suivantes :

- Puissance surfacique d'éclairage installée conventionnelle : $P_{ecl_tot} = 14 \text{ W/m}^2$

Note : cette valeur résulte d'une puissance totale installée de 14 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 :

$$P_{ecl_aux} = 0 \text{ W/m}^2$$

- $Ratio_{ecl_nat} = 1$

- $Gest_{ecl} = 1$

$$C1 = 0.9 - \text{type de contrôle : interrupteur seul}$$

- $Grad_{ecl} = 1$

La formule prend alors l'expression suivante :

$$\text{Si } I_{Ecl}(h) = 0, (\text{En inoccupation}) \text{ alors } C_{ECL_local,i} = 0$$

$$\text{Si } I_{Ecl}(h) = 1, (\text{en occupation}) C_{ECL_local,i} = P_{ecl_tot,i} * C1 * C2 * A_{local,i} / 1000$$

La valeur de C2 est obtenue par interpolation linéaire entre les points suivants :

Points de référence pour le coefficient C2 indiqué dans le Erreur ! Source du renvoi introuvable.	
Point A : ($E_{i_{nat}} = 0$; $C2 = 1$) Point B : ($E_{i_{nat}} = 100$; $C2 = 1$) Point G : ($E_{i_{nat}} = 200$; $C2 = 0,05$)	Point J : ($E_{i_{nat}} = 2800$; $C2 = 0$) Pour $E_{i_{nat}} > 2800$, on a $C2 = 0$

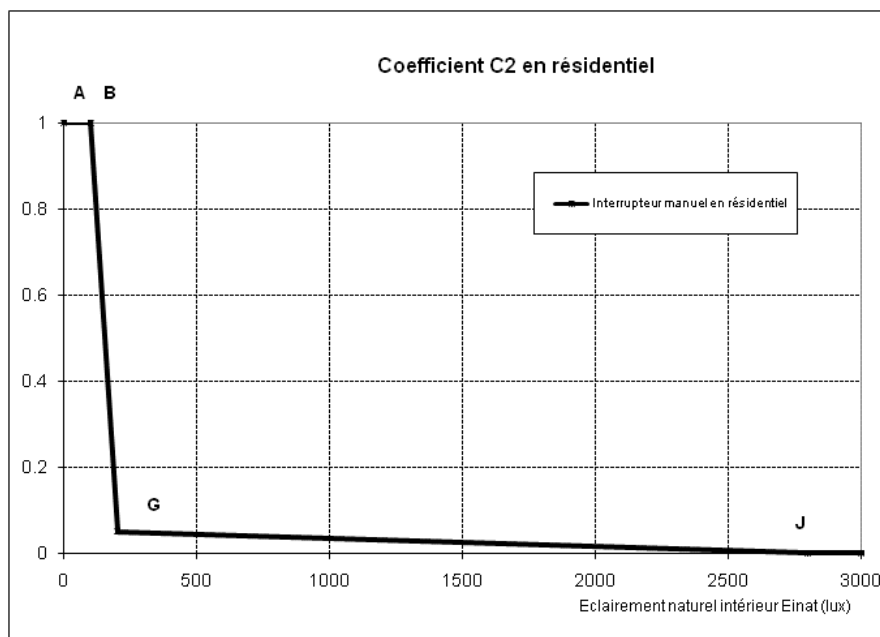


Figure 2 : Courbe donnant les valeurs de C2 selon l'éclairement naturel intérieur en résidentiel

7.1.3.7 Calcul des apports récupérables dus à l'éclairage

Les flux émis s'expriment de la manière suivante :

- flux convectif,

$$Fecl_C = C_{rec_ecl_conv} C_{ECL_GR}$$

- flux radiatif,

$$Fecl_R = C_{rec_ecl_rad} C_{ECL_GR}$$

- flux non émis dans le local

$$Fecl_{NE} = C_{rec_ecl_non_emis} C_{ECL_GR}$$

Conventionnellement :

$$C_{rec_ecl_conv} = 0,5 \quad C_{rec_ecl_rad} = 0,5 \quad C_{rec_ecl_non_emis} = 0$$

Les valeurs de **Fecl_C** et de **Fecl_R** sont ajoutées respectivement à F_{intcr} , 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 parkings

7.2.1 INTRODUCTION

Ce modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale de l'éclairage (or 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) où 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, les dispositifs de signalisation électrique (panneaux de circulation, signalisation d'occupation et BAES) et considère que pendant les plages de fermeture, l'éclairage est soit en marche forcée soit totalement éteint.

7.2.2 NOMENCLATURE DU MODELE

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

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
C_Ex_Climat extérieur	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	m ²

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	Pec _{ins}	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	+ ∞	-
	NbjO(j)	Calendrier annuel des jours ouverts (=1) ou fermé (= 0)	-	0	1	-
	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	(0,0)	(23,23)	-
	PlagOwe	Plage horaire d'ouverture en week-end du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture, heure légale de fermeture)	heure, heure	(0,0)	(23,23)	-
	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)	-
	PlagDwe j	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
	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
Pec _{app} (h)	Vecteur, puissance horaire moyenne appelée par l'éclairage du parking pendant l'heure h de l'année, 8760 composantes.	W
C _{ef_park} ^z (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Fh _{int} (h)	Vecteur (de 8760 composantes) taux horaire du besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année <u>pour les parkings intérieurs</u> . (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure).	-	1
Fh _{ext} (h)	Vecteur taux horaire de besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année <u>pour les parkings extérieurs</u> . (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 87 : Nomenclature des différentes variables du modèle

7.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

7.2.3.1 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 :

$$Fh_{int}(h) = 1 \forall h \in [1,8760] \quad (724)$$

$Fh_{ext}(h)$ 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	0,79	0,48	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,2	0,36	0,5	0,65	0,84	1	1

Tableau 88 : Valeurs de $Fh_{ext}(h)$ en fonction de l'heure légale

$$TauDet(h) = 0,2 \forall h \in [1,8760] \quad (725)$$

Note : on considère que l'éclairage en mode détection de présence apporte un abattement conventionnel de consommation de 80%.

7.2.3.2 Définition des valeurs par défaut

Pour les heures d'ouverture et les heures de détection par défaut :

- $NbjO(j) = 1$ pour tout j , c.-à-d., « parking ouvert tous les jours » ;
- $PlagOse = \{0 ; 23\}$ (24h/ 24h), c.-à-d., « plage horaire d'ouverture en semaine 24h / 24h » ;
- $PlagOwe = \{0 ; 23\}$ (24h/ 24h), c.-à-d., « plage horaire d'ouverture en we 24h / 24h » ;
- $PlagDse^j = \{0 ; 0\}$, c.-à-d., « pas détection de présence en semaine » ;
- $PlagDwe^j = \{0 ; 0\}$, c.-à-d., « pas détection de présence en week-end ».

Pour la puissance électrique de l'éclairage installé (exprimée en W) :

Si parking du type « int » (parking intérieur) :
 $Pec_{ins} = Npl \times Net \times 16$ (726)

Si parking du type « ext » (parking extérieur) :
 $Pec_{ins} = Npl \times Net \times 8$ (727)

Avec Npl le nombre de place du parking et Net le nombre d'étages du parking.

7.2.3.3 Séquence de saisie des données

La séquence logique de saisie de données, commune à l'éclairage et la ventilation des parkings, est la suivante :

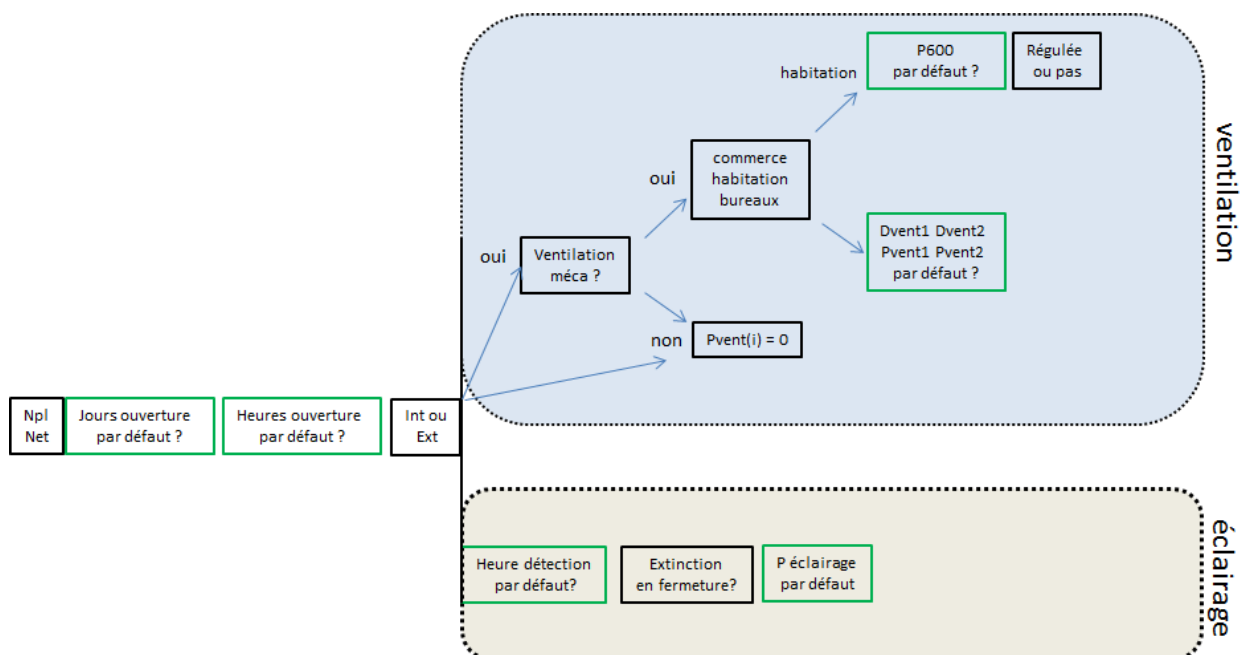


Figure 83 – Séquence logique de définition des paramètres d'éclairage et ventilation des parkings

7.2.3.4 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 $Hleg \in [PlagOwe[$
 - alors $Ouv(h) = 1$.
 - sinon $Ouv(h) = 0$.
- sinon $Ouv(h)=0$.

(728)

7.2.3.5 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 $Hleg \in \cup_{j=1 \text{ à } 3} [PlagDse^j[$ (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 $Hleg \in \cup_{j=1 \text{ à } 3} [PlagDwe^j[$
 - alors $Det(h)=1$.
 - sinon $Det(h)=0$.
- sinon $Det(h)=0$.

(729)

7.2.3.6 Calcul du vecteur horaire $Fh(h)$ (besoin horaire d'éclairage)

Pour chaque heure h dans l'année (de 1 à 8760) :

$$\text{Si Type} = \text{int alors } Fh(h) = Fh_{\text{int}}(h) \text{ sinon } Fh(h) = Fh_{\text{ext}}(h) \quad (730)$$

7.2.3.7 Calcul du vecteur horaire d'appel de puissance

Pour chaque heure h dans l'année (de 1 à 8760) :

$$\begin{aligned} \text{Pec}_{\text{app}}(h) = \text{Pec}_{\text{ins}} \\ \cdot [\text{Ouv}(h) \cdot Fh(h) \cdot (1 - \text{Det}(h) + \text{Det}(h) \cdot \text{TauDet}(h)) + (1 - \text{Ouv}(h)) \\ \cdot \text{Ex}] \end{aligned} \quad (731)$$

7.2.3.8 Calcul de la consommation annuelle

$$\text{Eec} = \sum_{h=1}^{8760} \text{Pec}_{\text{app}}(h) \quad (732)$$

7.2.3.9 Ajout de la consommation d'éclairage horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone

La puissance d'éclairage $\text{Pec}_{\text{app}}(h)$ calculée est répartie proportionnellement aux surfaces conventionnelles S_{REF} des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone $C_{\text{ef_park}}^z(h)$.

7.3 C ECL calcul des consommations d'éclairage des parties communes en logement collectif

7.3.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme introduit dans le moteur de calcul réglementaire le calcul de la consommation d'éclairage des circulations (Hall et escalier), les systèmes de gestion associés et l'alimentation des boîtiers de secours.

7.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 89 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				
$p_{mobi}^a (m,s)$	indicateur de mobilité de la zone par mois / semaine issu de la fiche algo « Ascenseurs »				
$p_{mobi}^s (j,h)$	indicateur de mobilité de la zone par jour / heure issu de la fiche algo « Ascenseurs »				
$t_{occ}^a (m,s)$	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par mois / semaine issu de la fiche algo « Ascenseurs »				
$t_{occ}^s (j,h)$	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par jour / heure issu de la fiche algo « Ascenseurs »				
$SREF^{zn}$	Surface de référence la zone du bâtiment issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de Th-BCE	m ²	≥0		
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$W_{ef_ecl_parties_communes}^z (h)$	Consommation électrique horaire de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale.	Wh			
$C_{ef_annuel_parties_communes}^z (h)$	Consommation électrique annuelle de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale par m ² .SREF.	kWh/m ² .SREF			
Constantes ⁷					
Nom	Description	Unité			Conv
$P_{ef_ecl_parties_communes}^z$	Puissance surfacique d'éclairage circulations (hall et escalier) de la zone en W/m ²	W/m ²			2,19

Tableau 89 : Nomenclature du modèle

⁷ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

7.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

7.3.3.1 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.

On trouve pour rappel ci-dessous le facteur correctif du taux de mobilité du local par jour / heure puis l'indicateur de fonctionnement de l'éclairage des circulations par mois / semaine, calqué sur celui

mobilité	scenario horaire mobilité = 1 ; immobilité = 0																							
jour V / heure >	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00

Figure 84 – facteur correctif du taux de mobilité de la zone par mois / semaine p^smobi :

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5			1		1			1			1	

Figure 85 – indicateur de mobilité de la zone par jour / heure p^smobi

7.3.3.2 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 et des scénarios ci-dessus. Sa valeur est :

$$P_{ef_ecl_parties_communes}^z = 2,19 \text{ W/m}^2 \cdot S_{REF} \quad (733)$$

7.3.3.3 Calcul de la consommation d'éclairage conventionnelle des locaux communs des logements collectifs :

Cette consommation n'est calculée pour que 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,

$$W_{cef_ecl_parties_communes}^z(h) = P_{ef_circ_ecl}^z * p_{mobi}^a * p_{mobi}^s * S_{REF}^{zn} \quad (734)$$

Sinon

$$W_{cef_ecl_parties_communes}^z(h) = 0 \quad (735)$$

Calcul annuel (kWh/ef/m².SREF)

$$C_{ef_circ_ecl_annuel}^z = \sum_{h=0}^{8760} \frac{W_{cef_ecl_parties_communes}^z(h)}{SREF^{bat}} \quad (736)$$

Version du 04/08/20

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 90 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 moyennée 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

	$i_{relance}(h)$	Indicateur de période de relance au pas de temps h.	Ent.
Relance	$\theta_{iich_relance}(h)$	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.
Déshum. (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 : 0 : Pas de ventilateur. 1 : Régulation manuelle uniquement, 2 : Régulation automatique nécessitant un fonctionnement permanent des ventilateurs, 3 : Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte.	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 : 0- Batterie à débit d'eau régulé de façon progressive 1- Autre cas (température de batterie constante)	-	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	0
	$\delta\theta_{presence_ch}^{em}$	Variation de la température en mode chauffage pour prendre en compte l'impact de la régulation par détection de présence par pièce	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$P_{sd_ch}^{em}$	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	$Rat_{s_fr}^{em}$	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	+∞	-
	id_{type}	Type de réseau de distribution du groupe : 0 : réseau de distribution fictif, 1 : réseau de distribution hydraulique.	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	-∞	+∞	-
	$\theta_{ret_dim_fr}$	Température de retour de dimensionnement (pour le mode à température de retour constante).	°C	-∞	+∞	-
	$\Delta\theta_{em_dim_fr}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement en froid.	°C	-∞	+∞	-
Sorties						
Sorties par émetteur	Nom	Description	Unité			
	$Rat_{eff_ch}^{em}$	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 locaux	$W_{vent_loc_tot}(h)$	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

Version du 04/08/20

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
ur équivalent	P_{emconv}	Ratio d'énergie convective de l'émetteur équivalent sollicité (soit le chaud, soit le froid).	-

Ventilateurs locaux	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
	$W_{vent_loc}^{em}(h)$	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
Droite du groupe	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 90 : 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 91 : 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 proposées :

$\delta\theta_{vs_ch}^{em}$	
Appareil desservant 1 seul niveau	Appareil desservant 2 niveaux
0.9	1,4

Tableau 92 : 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 93 : 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 94 : 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 95 : 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, des pertes d'énergie sont à comptabiliser. Ces pertes au dos sont caractérisées par P_{per} part perdue de la quantité d'énergie (chaud ou froid) fournie au groupe par l'émetteur.

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.

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 si celle-ci est définie positivement.

- 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.
- 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 96 : 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 97: 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).

$$Rat_{ch}^{em} = Rat_{s_ch}^{em} \times Rat_{t_ch}^{em} \quad (737)$$

$$Rat_{fr}^{em} = Rat_{s_fr}^{em} \times Rat_{t_fr}^{em}$$

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.

$$\begin{aligned} Rat_{eff_ch}^{em} &= \frac{Rat_{ch}^{em}}{\sum_{em} Rat_{ch}^{em}}, \\ Rat_{eff_fr}^{em} &= \frac{Rat_{fr}^{em}}{\sum_{em} Rat_{fr}^{em}}. \end{aligned} \quad (738)$$

On détermine les caractéristiques des deux systèmes équivalents comme suit :

Emetteur de chaud équivalent :

Emetteur de froid équivalent :

$$\begin{aligned} Rat_{em_eq_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch}^{em} & Rat_{em_eq_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr}^{em} \\ P_{sd_eq_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch_eff}^{em} \times P_{sd_ch}^{em} & P_{sd_eq_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr_eff}^{em} \times P_{sd_fr}^{em} \\ P_{em_eq_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch_eff}^{em} \times P_{em_ch}^{em} & P_{em_eq_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr_eff}^{em} \times P_{em_fr}^{em} \\ \delta\theta_{vt_eq_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch_eff}^{em} \times \delta\theta_{vt_ch}^{em} & \delta\theta_{vt_eq_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr_eff}^{em} \times \delta\theta_{vt_fr}^{em} \\ \delta\theta_{vs_eq_ch} &= \sum_{em} Rat_{ch_eff}^{em} \times \delta\theta_{vs_ch}^{em} & \delta\theta_{vs_eq_fr} &= \sum_{em} Rat_{fr_eff}^{em} \times \delta\theta_{vs_fr}^{em} \end{aligned} \quad (739)$$

On détermine l'effet de la détection de présence pièce par pièce comme suit :

$$\delta\theta_{presence_eq_ch} = \sum_{em} Rat_{ch_eff}^{em} \times \delta\theta_{presence_ch}^{em} \quad (740)$$

Est considéré comme un système de détection de présence pièce par pièce tout système permettant, dans chaque local, de déclencher automatiquement le chauffage du seul local en cas de présence humaine dans le local (et uniquement dans ce cas), et de le couper dans tous les autres cas. Le déclenchement du chauffage du local doit se faire dès l'entrée dans celui-ci ; l'arrêt doit se faire au plus tard 30 minutes après que la dernière personne ait quitté le local.

Par convention, un interrupteur à chaque entrée de chaque pièce, qui permet de déclencher et de couper le chauffage dans cette seule pièce, 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 :

$$\begin{aligned}\theta_{i_eq_ch}(h) &= MAX(\theta_{iich}(h); \theta_{iich_{relance}}(h)) + \delta\theta_{vs_eq_ch} + \delta\theta_{vt_eq_ch} + \delta\theta_{presence_eq_ch}, \\ \theta_{i_eq_fr}(h) &= MIN(\theta_{iifr}(h); \theta_{iifr_{relance}}(h)) + \delta\theta_{vs_eq_fr} + \delta\theta_{vt_eq_fr} + \delta\theta_{consfr}^{BA}(h)\end{aligned}\quad (741)$$

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} .

$$\begin{aligned}\theta_{sd_eq_ch}(h) &= P_{sd_eq_ch} \cdot \theta_{i,moy(0,0)}(h) + (1 - P_{sd_eq_ch}) \cdot \theta_{rm,moy(0,0)}(h) \\ \theta_{sd_eq_fr}(h) &= P_{sd_eq_fr} \cdot \theta_{i,moy(0,0)}(h) + (1 - P_{sd_eq_fr}) \cdot \theta_{rm,moy(0,0)}(h)\end{aligned}\quad (742)$$

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.

Si $\theta_{sd_eq_ch}(h) < \theta_{i_eq_ch}(h)$,

$$\begin{aligned}P_{sd} &= P_{sd_eq_ch} \\ P_{em} &= P_{em_eq_ch} \\ \theta_{ic} &= \theta_{ich}\end{aligned}$$

(743)

Sinon,

Si $\theta_{sd_eq_fr}(h) > \theta_{i_eq_fr}(h)$,

$$\begin{aligned}P_{sd} &= P_{sd_eq_fr} \\ P_{em} &= P_{em_eq_fr} \\ \theta_{ic} &= \theta_{ifr}\end{aligned}$$

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

$$\phi_{crois} = a_0 + a_1 \theta_{sd}. \quad (744)$$

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 :

$$\begin{aligned} \theta_{i,moy_0}(h) &= \theta_{i,moy_{(0,0)}}(h), \\ \theta_{rm,moy_0}(h) &= \theta_{rm,moy_{(0,0)}}(h), \\ \theta_{i,moy_10}(h) &= P_{em} \cdot \theta_{i,moy_{(10,0)}}(h) + (1 - P_{em}) \cdot \theta_{i,moy_{(0,10)}}(h), \\ \theta_{rm,moy_10}(h) &= P_{em} \cdot \theta_{rm,moy_{(10,0)}}(h) + (1 - P_{em}) \cdot \theta_{rm,moy_{(0,10)}}(h), \end{aligned} \quad (745)$$

Les températures correspondantes perçues par la sonde sont :

$$\begin{aligned} \theta_{sd_0}(h) &= P_{sd} \theta_{i,moy_0}(h) + (1 - P_{sd}) \theta_{rm,moy_0}(h), \\ \theta_{sd_10}(h) &= P_{sd} \theta_{i,moy_10}(h) + (1 - P_{sd}) \theta_{rm,moy_10}(h). \end{aligned} \quad (746)$$

Les coefficients a_0 et a_1 sont calculés par :

$$\begin{cases} a_0(h) = -\frac{10}{\theta_{sd_10}(h) - \theta_{sd_0}(h)} \cdot \theta_{sd_0}(h), \\ a_1(h) = \frac{10}{\theta_{sd_10}(h) - \theta_{sd_0}(h)}. \end{cases} \quad (747)$$

La Figure 86 montre un exemple de droite du groupe :

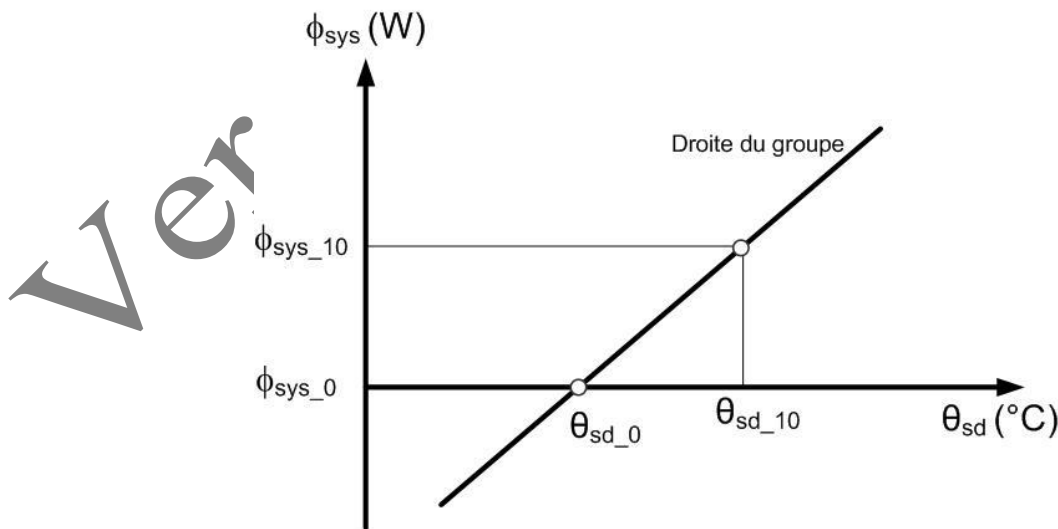


Figure 86 : Droite de comportement thermique d'un groupe

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,

$$\phi_{crois}(h) = a_0(h) + a_1(h) \cdot \theta_{ic}(h) \quad (748)$$

Sinon,

$$\phi_{crois}(h) = \max(a_0(h) + a_1(h) \cdot \theta_{ic}(h), 0)$$

La Figure 87 illustre les calculs effectués dans l'équation

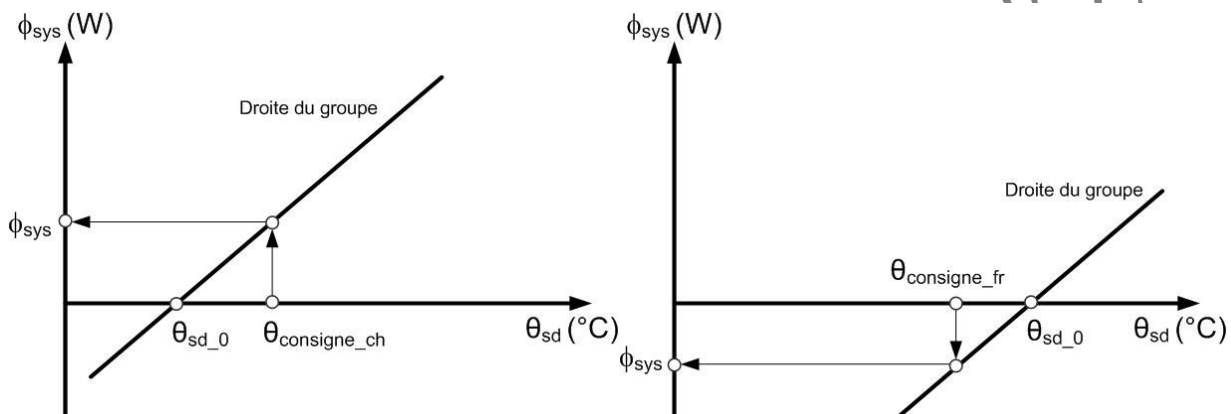


Figure 87 : Intersection avec la droite du groupe

Il est également nécessaire de calculer les puissances de croisement pour chacun des émetteurs équivalents :

$$\begin{cases} \phi_{crois_ch}(h) = \max(0, \phi_{crois}(h)) \\ \phi_{crois_fr}(h) = \min(0, \phi_{crois}(h)) \end{cases} \quad (749)$$

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 $(\theta_{sd,fr} > \theta_{ifr} \text{ et } Aut_{fr,eff}(j) = 1)$ ou si $(\theta_{sd,ch} < \theta_{ich} \text{ et } Aut_{ch,eff}(j) = 1)$, alors,

$$\begin{aligned} \phi_{util}(h) &= \phi_{crois}(h) \\ \text{Si } \phi_{crois}(h) &\neq 0, \text{ alors,} \\ &\begin{cases} id_{bch}(h) = \frac{\phi_{crois_ch}(h)}{\phi_{crois}(h)} \\ id_{bfr}(h) = \frac{\phi_{crois_fr}(h)}{\phi_{crois}(h)} \end{cases} \\ \text{Sinon,} & \\ &\begin{cases} id_{bch}(h) = 0 \\ id_{bfr}(h) = 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (750)$$

Sinon,

$$\begin{aligned} \phi_{util}(h) &= 0 \text{ (W)} \\ id_{bch}(h) &= 0 \\ id_{bfr}(h) &= 0 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch}^{em}(h) &= id_{em_chaud}^{em} \times \frac{Rat_{eff_ch}^{em} \times MAX(0; \phi_{util}(h))}{1 - P_{per}^{em}} \\ Q_{sys_fr}^{em}(h) &= id_{em_froid}^{em} \times \frac{Rat_{eff_fr}^{em} \times MIN(0; \phi_{util}(h))}{1 - P_{per}^{em}} \end{aligned} \quad (751)$$

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 valorisé 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 :

$$\begin{aligned} & id_{em_chaud}^{em} \times Aut_{ch,eff}(j) \text{ et } Aut_{ch,eff}(j) = 1 \\ \text{Ou} \\ & id_{em_froid}^{em} = 1 \text{ et } Aut_{fr,eff}(j) = 1 \end{aligned} \quad (752)$$

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,

$$\begin{aligned} & \text{Si } Q_{sys_ch}^{em}(h) > Rat_{eff_ch}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV_pvmv_ch}^{em} \text{ ou } Q_{sys_fr}^{em}(h) < \\ & Rat_{eff_fr}^{em} \cdot Agr \cdot Seuil_{VCV_pvmv_fr}^{em}, \text{ alors,} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} Q_{v_recirc}^{em}(h) = Q_{v_recirc_MV}^{em} \\ W_{vent_loc}^{em}(h) = P_{VCV_MV}^{em} \end{cases}$$

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,

$$\begin{cases} Q_{v_recirc}^{em}(h) = Q_{v_recirc}^{em}(h-1) \\ W_{vent_loc}^{em}(h) = W_{vent_loc}^{em}(h-1) \end{cases}$$

Sinon, si $Gest_{VCV}^{em} = 2$, alors, (gestion automatique nécessitant un fonctionnement permanent des ventilateurs)

$$\text{Si } i_{spv} = 1 \text{ et } id_{bch}(h) = 0 \text{ et } id_{bfr}(h) = 0, \text{ alors,}$$

$$\begin{cases} Q_{v_recirc}^{em}(h) = 0(m^3/h) \\ W_{vent_loc}^{em}(h) = P_{VCV_SPV}^{em} \end{cases}$$

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 :

$$\Phi_{vent_loc_vc}^{em}(h) = W_{vent_loc}^{em}(h) \quad (754)$$

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 :

$$Q_{m_recirc}^{em}(h) = \rho_{i,g}(h-1) \cdot \frac{Q_{v_recirc}^{em}(h)}{3600} \quad (755)$$

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 :

$$W_{vent_loc_tot}(h) = \sum_{em} W_{vent_loc}^{em}(h) \quad (756)$$

On somme également l'ensemble des parts transmises à l'ambiance de ces consommations électriques.

$$\phi_{vent_loc_vc}(h) = \sum_{em} \phi_{vent_loc_vc}^{em}(h) \quad (757)$$

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 :

$$\text{Si } id_{type}^{2nd} = 0 \text{ (réseau fictif, climatiseur à détente directe) :} \\ \theta_{batt_dim}^{em} = 9^{\circ}\text{C} \quad (758)$$

$$\text{Si } id_{type}^{2nd} = 1 \text{ (réseau d'eau ou fluide de distribution) :} \\ \text{Si } id_{gest_fr} = 1 \text{ (température de départ constante) :}$$

$$\theta_{batt_dim}^{em} = \theta_{dep_dim_fr}^{em} - \frac{\Delta\theta_{em_dim_fr}^{em}}{2} \quad (759)$$

$$\text{Si } id_{gest_fr} = 2 \text{ (température de retour constante) :}$$

$$\theta_{batt_dim}^{em} = \theta_{ret_dim_fr}^{em} - \frac{\Delta\theta_{em_dim_fr}^{em}}{2}$$

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 :

$$Q_{m_recirc_eff}^{em}(h) = FB_{batt}^{em} \times Q_{m_recirc}^{em}(h) \quad (760)$$

$$\theta_{batt}^{em}(\square) = \text{MAX} \left(\theta_{batt_dim}^{em}; \theta_{i,moy}(\square) + \frac{Q_{sys_fr}^{em}(\square)}{Ca \times Q_{m_recirc_eff}^{em}(\square)} \right) ^{\circ}\text{C} \quad (761)$$

- $id_{regul_batt}^{em} = 1$, 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 :

$$\theta_{batt}^{em}(h) = \theta_{batt_dim}^{em} \quad (762)$$

$$Q_{m_recirc_eff}^{em}(h) = \frac{-Q_{sys_fr}^{em}(h)}{Ca \times (\theta_{i,moy}(h) - \theta_{batt}^{em}(h))} \quad (763)$$

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 :

$$\omega_{sat}^{em}(h) = 10^{-3} \times \frac{HR_{sat}}{100} \times \exp \left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta_{batt}^{em}(h) + 235.00} \right) \quad (764)$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch}(h) &= \sum_{em} Q_{sys_ch}^{em}(h) \\ Q_{sys_fr}(h) &= \sum_{em} Q_{sys_fr}^{em}(h) \end{aligned} \quad (765)$$

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 :

$$\begin{cases} \theta_{i,fin} = \theta_{i,fin(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{i,fin(10,0)} - \theta_{i,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{i,fin(0,10)} - \theta_{i,fin(0,0)}) \\ \theta_{s,fin} = \theta_{s,fin(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{s,fin(10,0)} - \theta_{s,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{s,fin(0,10)} - \theta_{s,fin(0,0)}) \\ \theta_{m,fin} = \theta_{m,fin(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{m,fin(10,0)} - \theta_{m,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{m,fin(0,10)} - \theta_{m,fin(0,0)}) \\ \theta_{rm,fin} = \theta_{rm,fin(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{rm,fin(10,0)} - \theta_{rm,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{rm,fin(0,10)} - \theta_{rm,fin(0,0)}) \\ \theta_{op,fin} = \theta_{op,fin(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{op,fin(10,0)} - \theta_{op,fin(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{op,fin(0,10)} - \theta_{op,fin(0,0)}) \\ - id_{bch}(h) \cdot (\delta\theta_{vt_eq_ch} + \delta\theta_{vs_eq_ch}) - id_{bfr}(h) \cdot (\delta\theta_{vs_eq_fr} + \delta\theta_{vt_eq_fr}) \end{cases} \quad (766)$$

Les températures moyennes au sein du groupe sont obtenues par les interpolations linéaires suivantes :

$$\begin{cases} \theta_{i,moy} = \theta_{i,moy(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{i,moy(10,0)} - \theta_{i,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{i,moy(0,10)} - \theta_{i,moy(0,0)}) \\ \theta_{s,moy} = \theta_{s,moy(0,0)} \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{s,moy(10,0)} - \theta_{s,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{s,moy(0,10)} - \theta_{s,moy(0,0)}) \\ \theta_{m,moy} = \theta_{m,moy(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{m,moy(10,0)} - \theta_{m,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{m,moy(0,10)} - \theta_{m,moy(0,0)}) \\ \theta_{rm,moy} = \theta_{rm,moy(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{rm,moy(10,0)} - \theta_{rm,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{rm,moy(0,10)} - \theta_{rm,moy(0,0)}) \\ \theta_{op,moy} = \theta_{op,moy(0,0)} + \frac{\phi_{util-conv}}{10} \cdot (\theta_{op,moy(10,0)} - \theta_{op,moy(0,0)}) + \frac{\phi_{util-rad}}{10} \cdot (\theta_{op,moy(0,10)} - \theta_{op,moy(0,0)}) \\ - id_{bch}(h) \cdot (\delta\theta_{vt_eq_ch} + \delta\theta_{vs_eq_ch}) - id_{bfr}(h) \cdot (\delta\theta_{vs_eq_fr} + \delta\theta_{vt_eq_fr}) \end{cases} \quad (767)$$

Avec :

$$\begin{cases} \phi_{util-conv}(h) = P_{emconv} \cdot \phi_{util}(h) \\ \phi_{util-rad}(h) = (1 - P_{emconv}) \cdot \phi_{util}(h). \end{cases} \quad (768)$$

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 :

$$\begin{cases} Q_{sys_fr}^{em}(h) += Q_{sys_lat}^{em}(h) \\ Q_{sys_fr}(h) += Q_{sys_lat}(h) \end{cases} \quad (769)$$

Version du 04/08/20

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 2020**, dans le cas où plusieurs émetteurs de natures différentes sont présents dans le même groupe.

On décompose cette aide en trois parties :

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 de Th-BCE. 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 PARTIE 1 : 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 dans la RE 2020 des systèmes d'émission à air non gainés dans les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs.

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, 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 fiche d'application, 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.

Si le système à air est gainé et que 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 3 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 fiche d'application 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.

8.2.3.2.2 *Configuration n°1.1 : 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 PARTIE 2 : 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.

8.2.4.1 Modalités de mise en œuvre de la fiche d'application sur les appareils indépendants de chauffage à bois

Les locaux qui peuvent ne pas comporter de régulation, au titre de l'article 24 de l'arrêté du 26 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014, sont uniquement les pièces en connexion aéraulique avec l'émission de l'appareil indépendant de chauffage à bois (une unique 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 fiche d'application 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.

Les appareils indépendants de chauffage à bois, qu'ils soient ou non dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure, permettent de répondre à l'exigence définie à l'article 16 de l'arrêté du 26 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014 relatif à l'obligation de recours à une source d'énergie renouvelable, dès lors que le coefficient AEPENR est supérieur ou égale à 5 kWhEP/(m².an) comme indiqué dans le texte réglementaire.

Version du 04/08/20

8.2.4.2 Configuration 2.1 : 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 et qu'il soit appliqué le coefficient McGES de 0,3 indiqué en annexe VIII de l'arrêté, 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** installé ou avec les réservations permettant d'en installer ; 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.

8.2.4.3 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	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_{SDB}}{S_A + S_B + S_{SDB}}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	1,0	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 ».

8.2.4.4 Configuration 2.2 : 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, **le coefficient McGES indiqué en annexe VIII de l'arrêté prend la valeur 0**. 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.

8.2.4.5 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	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_A}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_B}{S_A + S_B + S_{SDB}}$	$\frac{S_{SDB}}{S_A + S_B + S_{SDB}}$
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 PARTIE 3 : 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 dans la RE 2020 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 strictement identiques à celles des radiateurs gaz. D'un point de vue normatif, il est donc impossible de différencier les poêles et inserts gaz des radiateurs gaz, concernant la performance énergétique de génération. Les éléments sont fournis dans la fiche dédiée : 8.19 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 PARTIE 4 : 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 dans les maisons individuelles ou accolées n'est pas l'objet de cette partie 3.

8.2.6.1 Définition des différentes configurations de systèmes d'émission composite

8.2.6.1.1 Configuration n° 3.1 : 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.

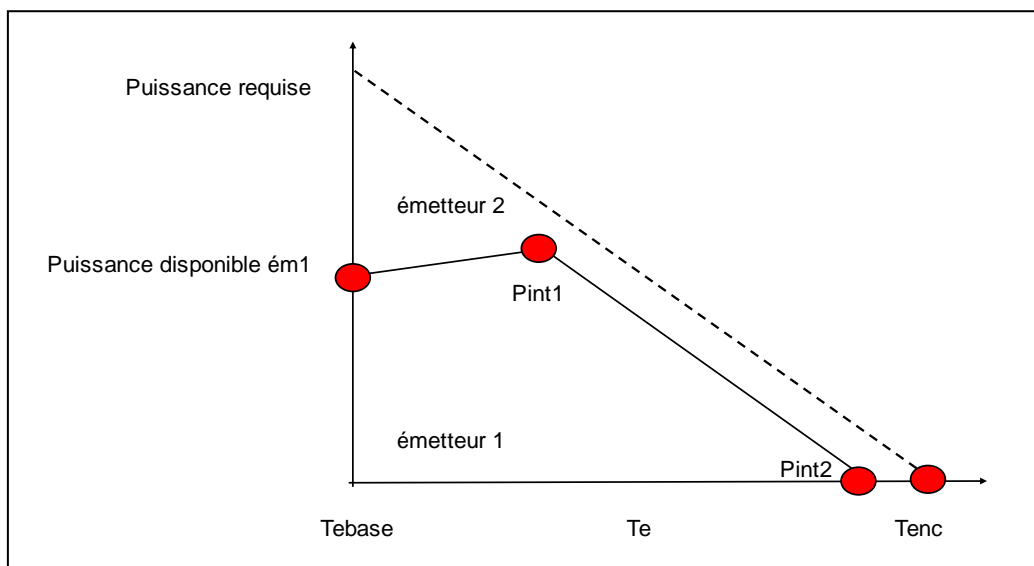


Figure 88 – évolution des puissances disponibles et requises pour les systèmes 1 et 2 en fonction de la température extérieure (entre la Tbase et la température de non chauffage)

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 (liste non exhaustive) :

- 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°3.2 : complément par temps froid

Lorsqu'il s'agit de générateurs associés à la même génération, la méthode de calcul **Th-BCE** est déjà adaptée à ce type de configuration (fonctionnement en cascade décrit au chapitre 10.15 de la méthode **Th-BCE**). 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.

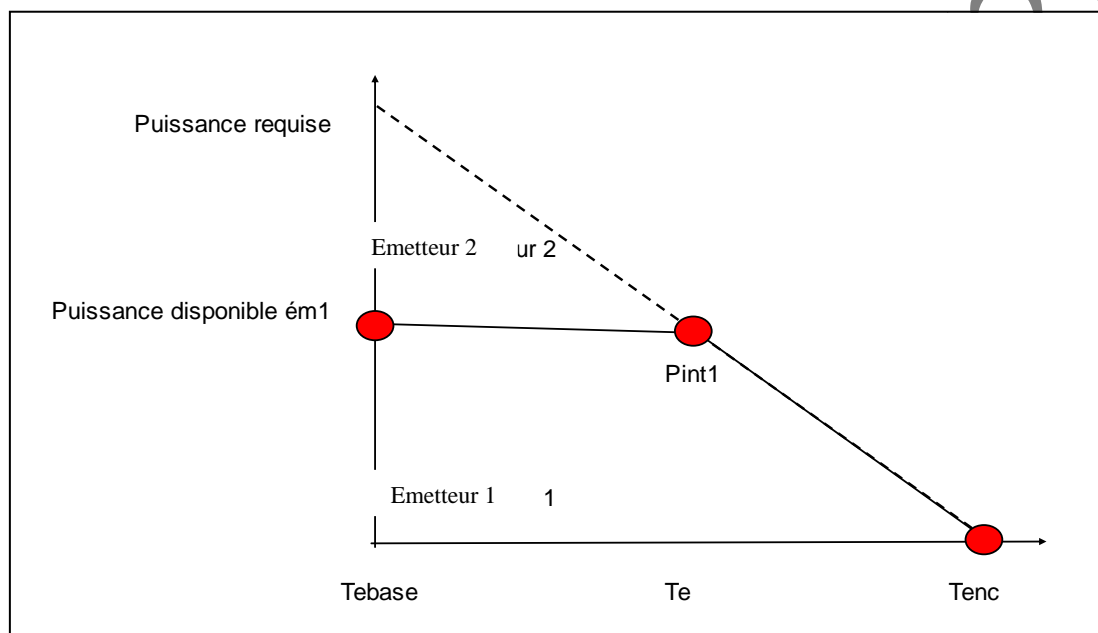


Figure 89 – évolution des puissances disponibles et requises pour les systèmes 1 et 2 en fonction de la température extérieure - complément par temps froid

Exemples (liste non exhaustive) :

- 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° 3.3 : 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.

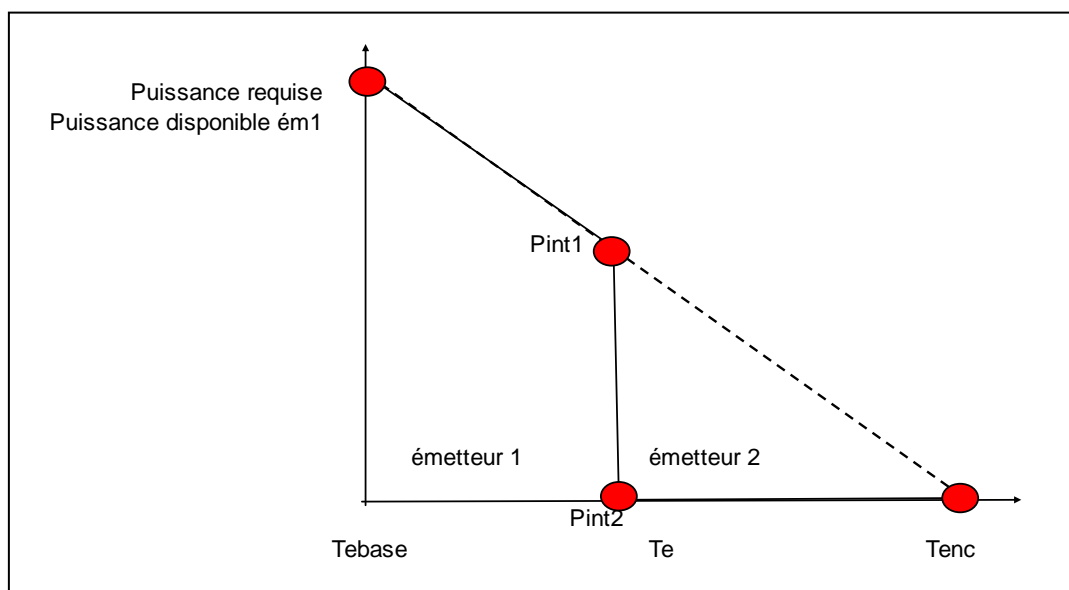


Figure 90 – évolution des puissances disponibles et requises pour les systèmes 1 et 2 en fonction de la température extérieure – configuration « systèmes alternés »

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 », proposé comme mode de régulation des générateurs dans la RE2020 (chapitre 10.15 de la méthode Th-BCE) où l'on utilise alternativement les différents générateurs (seul ou plusieurs) en fonction de la charge du bâtiment.

Exemple (liste non exhaustive):

- Pompe à chaleur en relèvement 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 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 fiche d'application 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°3.1 : 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.**

Version du 04/08/20

8.2.6.2.3 Configuration n°3.2 : 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_{syst_1} / P_{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°3.3 : 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	0,77	0,64

système alterné fonctionnant hors mi-saison		
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.**

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

8.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 98 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_débits	$Q_{maj}(h)$	Débits 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.
groupe	V	Volume du groupe	m ³	0	+∞	-

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 98 : 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 :

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{\sum_j Q_{maj} (\omega_{maj} - \omega_{i,g}) + A_{\omega_{int}} + \sum_{em \in gr} Q_{m_recirc_eff}^{em} \times MIN(0; \omega_{sat}^{em} - \omega_{i,g})}{(V \times \rho_{i,g})} \quad (770)$$

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 :

$$A_{\omega_{int}}(h) = A_{\omega_{int_occ}}(h) + A_{\omega_{int_hors_occ}}(h) \quad (771)$$

On définit les fonctions de calculs suivantes, permettant la résolution du bilan hydrique tel que proposé 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 :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{Rat_{em_eff} \cdot \left(\sum_j (Q_{maj}(h) \times \omega_{maj}(h)) + A_{\omega_{int}}(h) \right) + Q_{m_recirc} \times \omega_{sat}}{Rat_{em_eff}^{em} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m_recirc}} - \omega_{ini} \\ B = \frac{Rat_{em_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m_recirc}}{Rat_{em_eff} \cdot V \cdot \rho_{i,g} (h-1)} \end{array} \right. \quad (772)$$

$$\omega_{fin} = \omega_{ini} + A \times (1 - e^{-B \times T})$$

- **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 :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{Rat_{em_eff} \cdot \left(\sum_j (Q_{maj}(h) \times \omega_{maj}(h)) + A_{\omega_{int}}(h) \right) + Q_{m_recirc} \times \omega_{sat}}{Rat_{em_eff}^{em} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m_recirc}} - \omega_{ini} \\ B = \frac{Rat_{em_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m_recirc}}{Rat_{em_eff} \cdot V \cdot \rho_{i,g} (h-1)} \end{array} \right. \quad (773)$$

$$\omega_{moy} = \omega_{ini} + A \times \left(1 - \frac{1 - e^{-B \times T}}{B \times T} \right)$$

- **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 :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{Rat_{em_eff} \cdot \left(\sum_j (Q_{maj}(h) \times \omega_{maj}(h)) + A_{\omega_{int}}(h) \right) + Q_{m_recirc} \times \omega_{sat}}{Rat_{em_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m_recirc}} - \omega_{ini} \\ B = \frac{Rat_{em_eff} \cdot \sum_j Q_{maj}(h) + Q_{m_recirc}}{Rat_{em_eff} \cdot V \cdot \rho_{i,g}(h-1)} \\ C = 1 - \frac{\omega_{fin} - \omega_{ini}}{A} \end{array} \right. \quad (774)$$

$$T = - \frac{\ln(C)}{B}$$

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 :

$$\omega_{i,g,fin}(h) = \text{CalculHumiditeSpeFin}(1(-), 0(kg/s), 0(kg/kgas), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \quad (775)$$

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)

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = 0(s) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeFir(Rat_{em_eff}^{em}, 0(kg/s), 0(kg/kgas), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \\ \omega_{i,g,moy_deshu}^{em}(h) = 0(kg/kgas) \end{cases}$$

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)

$$\begin{aligned} \omega_{i,g,fin,deshu_perm}^{em}(h) &= CalculHumiditeSpeFir(Rat_{em_eff}^{em}, Q_{m_recirc_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \\ \text{Si } \omega_{i,g,fin,deshu_perm}^{em}(h) &\geq \omega_{sat}^{em}(h), \text{ alors, (il y a eu déshumidification tout au long du pas de temps)} \end{aligned} \quad (776)$$

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = 3600(s) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = \omega_{i,g,fin,deshu_perm}^{em}(h) \\ \omega_{i,g,moy_deshu}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeMoy(Rat_{em_eff}^{em}, Q_{m_recirc_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), 3600(s), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \end{cases}$$

Sinon, (la déshumidification s'est arrêtée au bout d'un temps dt_{deshu})

$$\begin{cases} dt_{deshu}(h) = CalculTemps(Rat_{em_eff}^{em}, Q_{m_recirc}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), \omega_{i,g,fin}(h-1), \omega_{sat}^{em}(h)) \\ \omega_{i,g,moy_deshu}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeMoy(Rat_{em_eff}^{em}, Q_{m_recirc_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{deshu}(h), \omega_{i,g,fin}(h-1)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} dt_{sec}(h) = 1 - dt_{deshu}(h) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeFin(Rat_{em_eff}^{em}, 0(kg/s), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{sec}(h), \omega_{sat}^{em}(h)) \end{cases}$$

Sinon, (la déshumidification n'a pas lieu au début du pas de temps)

$$\omega_{i,g,fin,sans_deshu}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeFin(Rat_{em_eff}^{em}, 0(kg/s), \omega_{sat}^{em}(h), 3600(s), \omega_{i,g,fin}^{em}(h-1))$$

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)

$$\begin{cases} dt_{sec}(h) = CalculTemps(Rat_{em_eff}^{em}, 0(kg/s), \omega_{sat}^{em}(h), \omega_{i,g,fin}^{em}(h-1), \omega_{sat}^{em}(h)) \\ dt_{deshu}(h) = 3600 - dt_{sec}(h) \\ \omega_{i,g,fin}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeFin(Rat_{em_eff}^{em}, Q_{m_recirc_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{deshu}(h), \omega_{sat}^{em}(h)) \\ \omega_{i,g,moy_deshu}^{em}(h) = CalculHumiditeSpeMoy(Rat_{em_eff}^{em}, Q_{m_recirc_eff}^{em}(h), \omega_{sat}^{em}(h), dt_{deshu}(h), \omega_{sat}^{em}(h)) \end{cases}$$

On en déduit l'énergie latente fournie par la batterie froide en déshumidification :

$$Q_{sys_lat}^{em}(h) = -\frac{L_{v_eau}}{3.6} \times dt_{deshu}(h) \times Q_{m_recirc_eff}^{em}(h) \times MAX(0; \omega_{i,g,moy_deshu}^{em}(h) - \omega_{sat}^{em}(h)) \quad (777)$$

(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} .

$$\omega_{i,g,fin}(h) = \sum_{em \in gr} Rat_{eff}^{em} \cdot \omega_{i,g,fin}^{em}(h) \quad (kg/kgas) \quad (778)$$

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 :

$$Q_{sys_lat}(h) = \sum_{em} Q_{sys_lat}^{em}(h) \quad (Wh) \quad (779)$$

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.

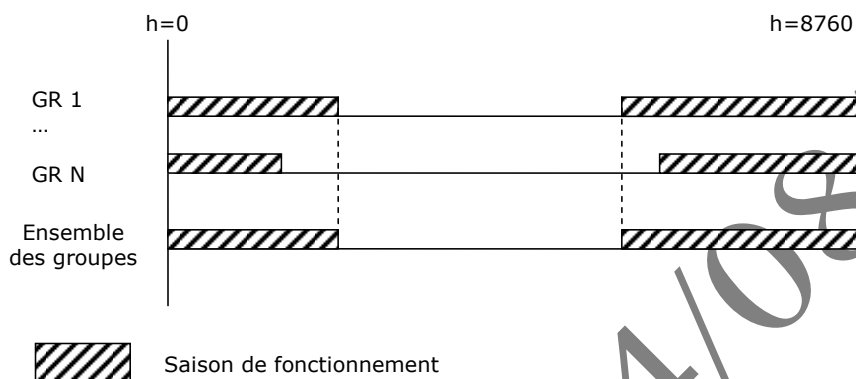


Figure 91: illustration de la procédure de détermination des saisons au niveau de la génération

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 99 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	$IHJ(h)$	Heure solaire au pas de temps h .	h			
C_Ein_Deter. des saisons	$Aut_{ch,pro}^{gr}(j)$	Indicateur de saison de chauffage. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Ent.			
	$Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	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 : <i>0 : Avec possibilité d'isolement</i> <i>1 : Permanent</i>	Ent	0	1	
Distributions primaires	$id_{fonction_ch}^{dp}$	Fonction du réseau de distribution primaire : <i>1 : réseau pouvant assurer le chauffage.</i>	Ent	0	1	-
	$id_{fonction_fr}^{dp}$	Fonction du réseau de distribution primaire : <i>1 : réseau pouvant assurer le refroidissement.</i>	Ent	0	1	-
Distributions secondaires	$id_{fonction_ch}^{ds}$	Fonction du réseau de distribution secondaire : <i>1 : réseau secondaire pouvant assurer le chauffage.</i>	Ent	0	1	-
	$id_{fonction_fr}^{ds}$	Fonction du réseau de distribution secondaire : <i>1 : réseau secondaire pouvant assurer le refroidissement.</i>	Ent	0	1	-
Gr.	i_{clim}^{gr}	Indicateur de groupe climatisé.	Ent	0	1	-
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 99 : 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 $I_{HJ}(h) = 1$).

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

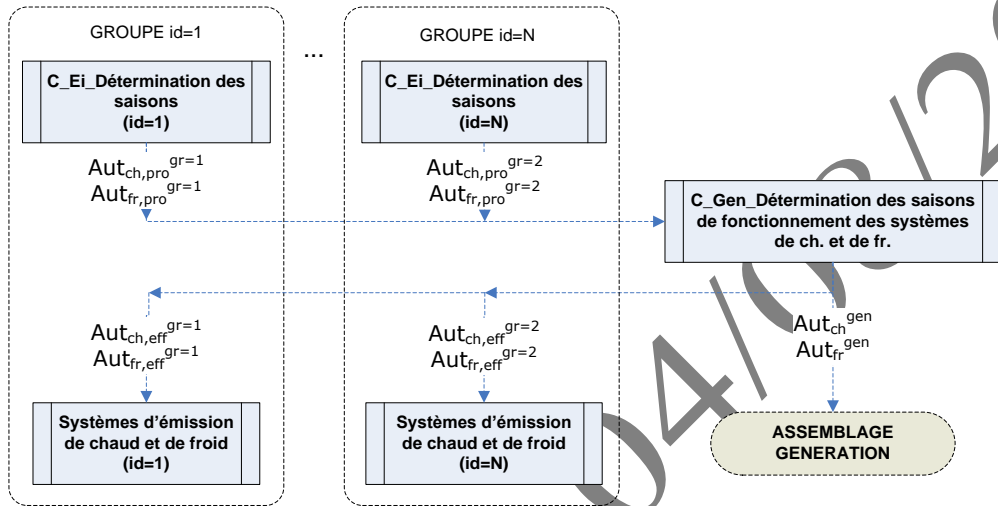


Figure 92: Agencement des composants

On détermine pour chaque génération les groupes desservi 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.

$$\begin{cases} Aut_{ch}^{gen}(j) = \max_{gr \leftarrow gen} (id_{desservi_ch}^{gen,gr} \cdot Aut_{ch,pro}^{gr}(j)) \\ Aut_{fr}^{gen}(j) = \max_{gr \leftarrow gen} (id_{desservi_fr}^{gen,gr} \cdot i_{c\lim}^{gr} \cdot Aut_{fr,pro}^{gr}(j)) \end{cases} \quad (780)$$

8.4.3.2 Saisons de fonctionnement des groupes desservis

Pour chacun des groupes du projet, on réalise la procédure suivante :

Si $\max_{gen \rightarrow gr} (id_{raccord_reseau}^{gen}) > 0$, 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)

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{gr}(j) = \max_{gen \rightarrow gr} (id_{desservi_ch}^{gen,gr} \cdot id_{raccord_reseau}^{gen} \cdot Aut_{ch}^{gen}(j)) \\ Aut_{fr,eff}^{gr}(j) = \max_{gen \rightarrow gr} (id_{desservi_fr}^{gen,gr} \cdot id_{raccord_reseau}^{gen} \cdot Aut_{fr}^{gen}(j)) \end{cases} \quad (781)$$

Sinon, (le groupe est indépendant en termes d'enclenchement saisonnier des systèmes de chauffage et de refroidissement)

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{gr}(j) = Aut_{ch,pro}^{gr}(j) \\ Aut_{fr,eff}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j) \end{cases} \quad (782)$$

8.4.3.3 **Saison de fonctionnement des réseaux intergroupes**

On déduit des informations de saisons par groupe celles des réseaux intergroupes.

$$\begin{aligned} Aut_{ch,eff}^{dp}(j) &= MAX(Aut_{ch,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow dp} \\ Aut_{fr,eff}^{dp}(j) &= MAX(Aut_{fr,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow dp} \end{aligned} \quad (783)$$

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.

$$\begin{cases} Aut_{ch,eff}^{CTA}(j) = MAX(Aut_{ch,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow CTA} \\ Aut_{fr,eff}^{CTA}(j) = MAX(Aut_{fr,eff}^{gr}(j))_{gr \leftarrow CTA} \end{cases} \quad (784)$$

Version du 04/08/20

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).

Version du 04/08/20

8.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 100 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 100 : 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 101: 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 102: 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 :

$$\Delta t_{relance_ch}(h) = \text{ARRONDI} \left(\frac{3(\text{heures})}{\theta_{ext_base} - \theta_{ext_reg_sup}} \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{ext_reg_sup}) \right) \quad (785)$$

Si $\Delta t_{relance_ch}(h) \geq 3$, alors, $\Delta t_{relance_ch}(h) = 3(h)$

Si $\Delta t_{relance_ch}(h) \leq 0$, alors, $\Delta t_{relance_ch}(h) = 0(h)$

8.5.3.3 Détermination des températures de consigne de relance

Valeurs initiales ($h=0$) :

$$\begin{aligned} \theta_{iich_relance}(h=0) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\ \theta_{iifr_relance}(h=0) &= 100 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \end{aligned} \quad (786)$$

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,

$$\theta_{iich_relance}(h) = 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

(787)

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 $Type_{pgrm_fr} < 3$ 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,

$$\theta_{iifr_relance}(h) = 100\text{ }(^{\circ}\text{C})$$

(788)

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 ($Type_{pgrm_fr} = 3$: 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,

$$i_{relance}^{gr}(h) = 1$$

(789)

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 :

$$i_{relance}^{CTA}(h) = \text{MAX}_{gr \Leftrightarrow CTA} (i_{relance}^{gr}(h))$$

(790)

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.

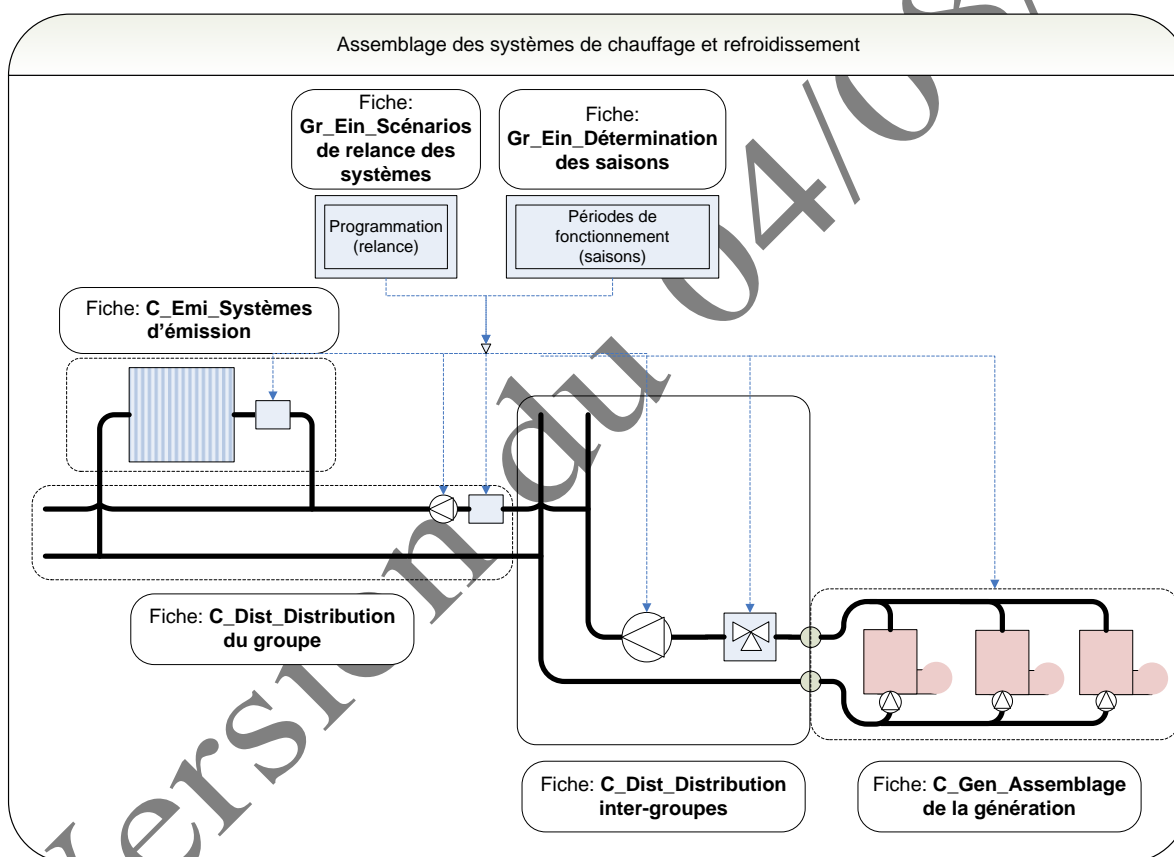


Figure 93: Assemblages des systèmes de chauffage et de refroidissement

8.6.2 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.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Météo (projet)	θ_{ext_base}	Température extérieure de base du site accueillant le projet.	°C
	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure d'air sec au pas de temps h .	°C
Scénarios (zone)	$i_{occ_zone}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h : <i>1 : zone en occupation</i> <i>0 : zone en inoccupation</i>	Ent.
	$i_{occ_zone}(h-1)$	Indicateur d'occupation au temps $h-1$: <i>1 : zone en occupation</i> <i>0 : zone en inoccupation</i>	Ent.
	$\theta_{iich}(h)$	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
Saison (groupe)	$Saison_{eff}(j)$	Saison effective au groupe au jour j .	Ent.
Relance (groupe)	$i_{relance}(h)$	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
Comportement thermique (groupe)	Matrice des températures du groupe	Matrice des températures moyennes aux différents nœuds de températures du groupe pour des puissances convectives et radiatives de 0 et 10kW: $\theta_{i,moy(0;0)}(h), \theta_{i,moy(0;10)}(h), \theta_{i,moy(10;0)}(h)$ $\theta_{s,moy(0;0)}(h), \theta_{s,moy(0;10)}(h), \theta_{s,moy(10;0)}(h)$ $\theta_{m,moy(0;0)}(h), \theta_{m,moy(0;10)}(h), \theta_{m,moy(10;0)}(h)$ $\theta_{rm,moy(0;0)}(h), \theta_{rm,moy(0;10)}(h), \theta_{rm,moy(10;0)}(h)$ $\theta_{op,moy(0;0)}(h), \theta_{op,moy(0;10)}(h), \theta_{op,moy(10;0)}(h)$	°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).	-	-	-	-
		Paramètres de l'émetteur équivalent de froid (voir fiche Sn_Emi_Systèmes d'émissions).	-	-	-	-
		Paramètres des ventilateurs locaux des émetteurs du groupe (voir fiche Sn_Emi_Systèmes d'émissions).	-	-	-	-
Distributions du groupe		Paramètres des gestions/régulations des distributions du groupe.	-	-	-	-
		Paramètres physiques des distributions du groupe.	-	-	-	-
Distributions inter-groupes		Paramètres des gestions/régulations des distributions inter-groupes.	-	-	-	-
		Paramètres physiques des distributions inter-groupes	-	-	-	-
Distributions de CTA		Paramètres des gestions/régulations des distributions intergroupes de CTA.	-	-	-	-
		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
	$\Phi_{vent_loc}(h)$	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 groupe	$W_{aux}^{ds}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh
	$\Phi_{aux_vc}^{ds}(h)$	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 103 : 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.

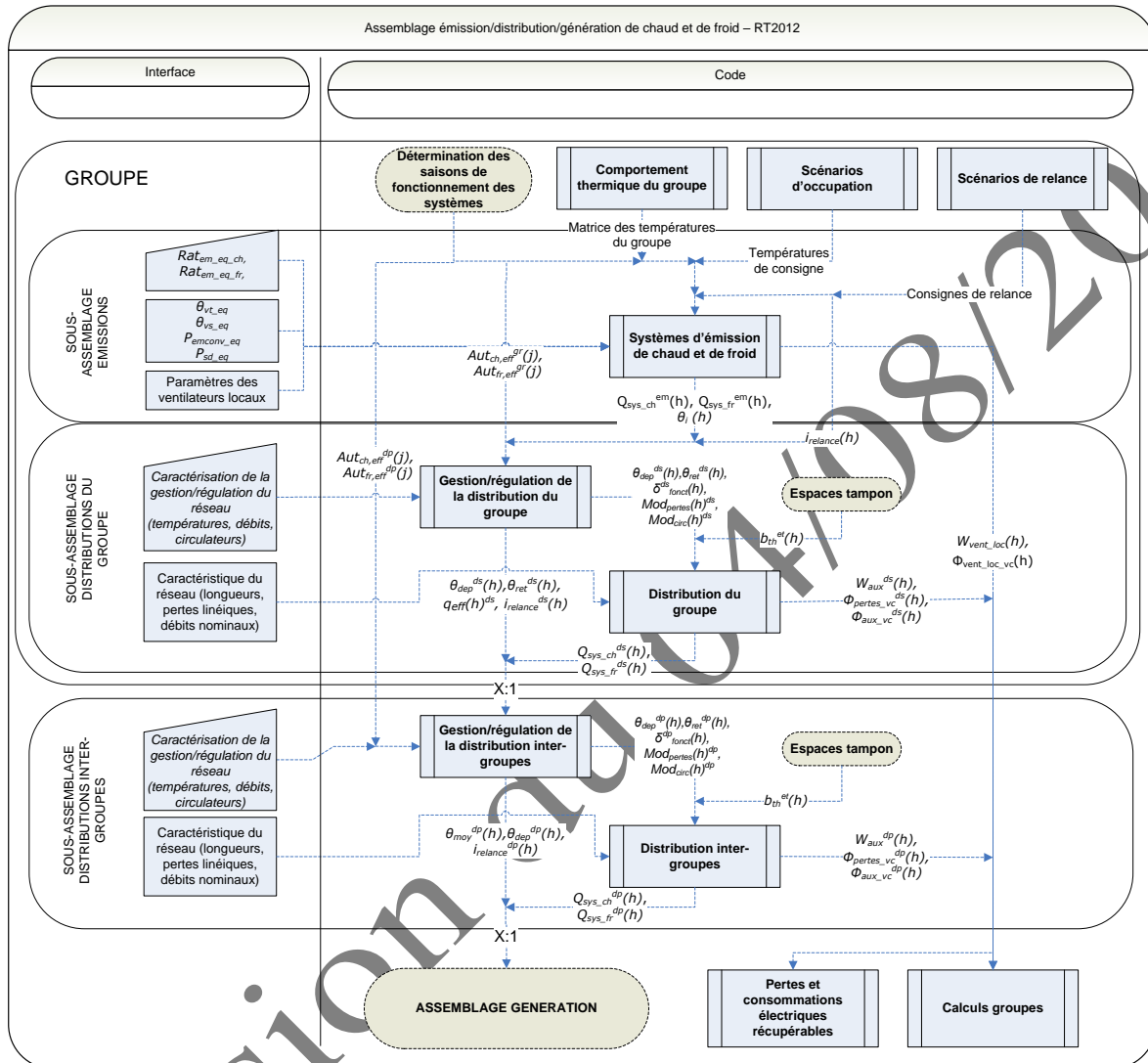


Figure 94: Assemblage des composants des systèmes de chauffage et de refroidissement

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**.

Version du 04/08/20

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.

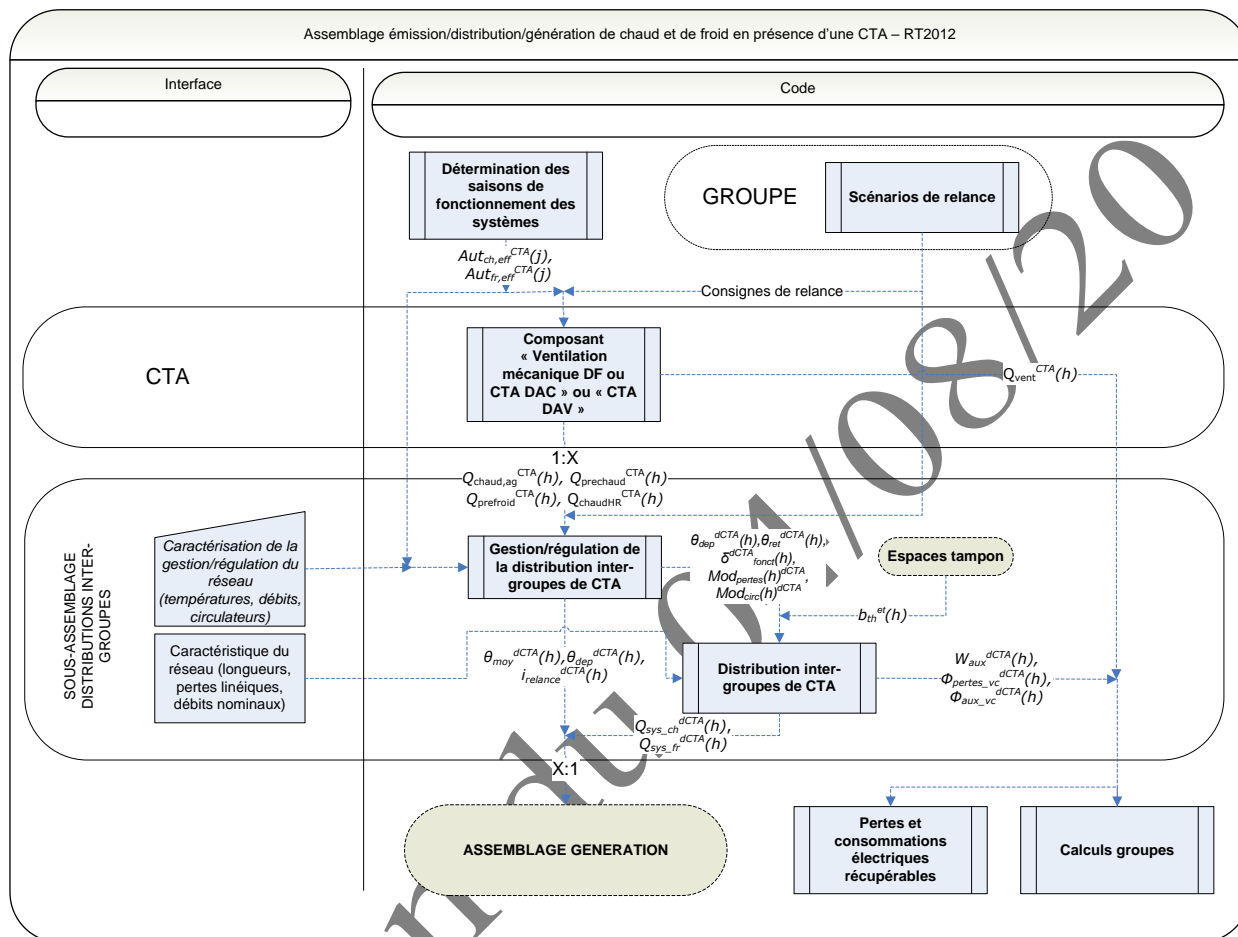


Figure 95 : Assemblage des composants des systèmes associés à une CTA

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 104** 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.
	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	-
Gestion du réseau de distribution	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

Gestion des circulateurs

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 104 : 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:

$$\left\{ \begin{array}{l} id_{fonction_ch} = id_{fonction_ch}^{dp} \\ ou \\ id_{fonction_fr} = id_{fonction_fr}^{dp} \end{array} \right. \quad (791)$$

Le type du réseau du groupe doit être celui du réseau de distribution intergroupes. La condition à vérifier est :

$$id_{type} = id_{type}^{dp} \quad (792)$$

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 :

$$id_{relance} = id_{relance}^{gr} \quad (793)$$

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 105: 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 :

$$\begin{aligned}
 \theta_{dep}(h) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\
 \theta_{ret}(h) &= 0 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \\
 Mod_{pertes}(h) &= 0 \\
 Mod_{circ}(h) &= 0 \\
 q_{eff}(h) &= 0 \text{ (m}^3\text{/h)} \\
 \delta_{fonct}(h) &= 0
 \end{aligned}
 \tag{794}$$

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)

$$\delta_{fonct}(h) = 1 \quad (795)$$

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)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = \frac{Q_{sys_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot \Delta\theta_{em_dim_ch}} \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{req}(h); q_{resid}) \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \\ \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot q_{eff}(h)} \end{cases} \quad (796)$$

Sinon, si $id_{debit_ch}(h) = 2$, alors, (réseau à débit constant et fonctionnement intermittent)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \Delta\theta_{em_dim_ch} \\ q_{req}(h) = q_{nom_ch} \\ q_{eff}(h) = q_{nom_ch} \\ Mod_{pertes}(h) = MIN(1; \frac{Q_{sys_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot q_{nom_ch} \cdot \Delta\theta_{em}(h)}) \end{cases} \quad (797)$$

Sinon, (réseau à débit constant et fonctionnement continu)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys_ch}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot q_{nom_ch}} \\ q_{req}(h) = q_{nom_ch} \\ q_{eff}(h) = q_{nom_ch} \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \end{cases} \quad (798)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ \Delta\theta_{em}(h) = 0(^{\circ}C) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases} \quad (799)$$

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

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot \theta_{dep_dim_ch} + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad (800)$$

8.7.3.3.2.6 Cas $id_{gest_ch}=2$: température de retour constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot (\theta_{ret_dim_ch} + \Delta\theta_{em}(h)) + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad (801)$$

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 :

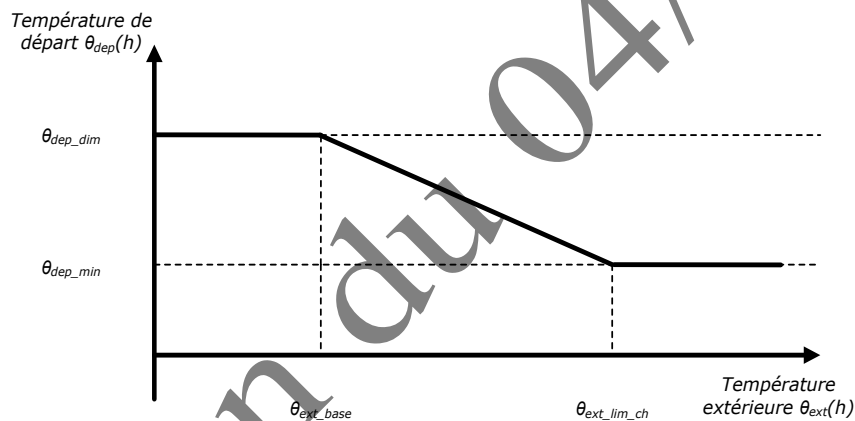


Figure 96 : Evolution de la température de départ en fonction de la température extérieure

L'algorithme correspondant est le suivant :

Si $\delta_{fonct}(h) = 1$, alors,

Si $\theta_{ext}(h) \geq \theta_{ext_lim_ch}$,

$$\theta_{dep}(h) = \text{MAX}(\theta_i(h) + \Delta\theta_{em}(h); \theta_{dep_ch_min})$$

Si $\theta_{ext}(h) \leq \theta_{ext_base}$,

$$\theta_{dep}(h) = \theta_{dep_dim_ch}$$

Si $\theta_{ext}(h) > \theta_{ext_base}$ et $\theta_{ext}(h) < \theta_{ext_lim_ch}$,

(802)

$$\theta_{dep}(h) = \text{MAX} \left(\begin{array}{l} \theta_{i,moy}^{gr}(h) + \Delta\theta_{em}(h); \\ \theta_{dim_ch} + \frac{\theta_{dep_ch_min} - \theta_{dep_dim_ch}}{\theta_{ext_lim_ch} - \theta_{ext_base}} \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{ext_base}) \end{array} \right)$$

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 valorisés 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)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom_ch}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (803)$$

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)

$$\delta_{fonct}(h) = 1 \quad (804)$$

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)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = \frac{Q_{sys_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot \Delta\theta_{em_dim_fr}} \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{req}(h); q_{resid}) \\ \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot q_{eff}(h)} \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \end{cases} \quad (805)$$

Sinon, si $id_{debit_fr}(h) = 2$, alors, (réseau à débit constant et fonctionnement intermittent)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \Delta\theta_{em_dim_fr} \\ q_{req}(h) = q_{nom_fr} \\ q_{eff}(h) = q_{nom_fr} \\ Mod_{pertes}(h) = MIN(1; \frac{Q_{sys_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot q_{nom_fr} \cdot \Delta\theta_{em}(h)}) \end{cases} \quad (806)$$

Sinon, (réseau à débit constant et fonctionnement continu)

$$\begin{cases} \Delta\theta_{em}(h) = \frac{Q_{sys_fr}(h)}{\rho_{eau} \cdot C_{p_eau} \cdot q_{nom_fr}} \\ q_{req}(h) = q_{nom_fr} \\ q_{eff}(h) = q_{nom_fr} \\ Mod_{pertes}(h) = 1 \end{cases} \quad (807)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\begin{cases} q_{req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ \Delta\theta_{em}(h) = 0(^{\circ}C) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases} \quad (808)$$

8.7.3.3.3.4 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 :

8.7.3.3.3.5 Cas $id_{gest_fr}=1$: température de départ constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot \theta_{dep_dim_fr} + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_i(h) \quad (809)$$

8.7.3.3.3.6 Cas $id_{gest_fr}=2$: température de retour constante

$$\theta_{dep}(h) = \delta_{fonct}(h) \cdot (\theta_{ret_dim_fr} + \Delta\theta_{em}(h)) + (1 - \delta_{fonct}(h)) \cdot \theta_i(h) \quad (810)$$

8.7.3.3.3.7 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 valorisés 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)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom_fr}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (811)$$

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,

$$\theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h) \text{ (réseau sans débit : } \theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h) = \theta_{t,moy}^{gr}(h) \text{)} \quad (812)$$

Sinon,

$$\theta_{ret}(h) = \theta_{dep}(h) - \Delta\theta_{em}(h)$$

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

8.8.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 106 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 106 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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 107: 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)

$$Q_{sys_ch}(h) = 0 \text{ (Wh)}$$

$$Q_{sys_fr}(h) = Q_{sys_fr}^{em}(h)$$

(813)

Les consommations d'auxiliaires et pertes thermiques de distribution sont nulles.

$$\begin{cases} W_{aux}(h) = 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes_vc}(h) = 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes_hvc}(h) = 0 \text{ (Wh)} \end{cases} \quad (814)$$

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 :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (815)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\phi_{pertes_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_vc_ch} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{i,moy}^{gr}(h)) \quad (816)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_i(h) \quad (817)$$

$$\phi_{pertes_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_hvc_ch} \times L_{hvc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (818)$$

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.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux_ch}(.1h) \quad (819)$$

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 :

$$\Phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (820)$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch}(h) &= Q_{sys_ch}^{em}(h) + \phi_{pertes_vc}(h) + \phi_{pertes_hvc}(h) \\ Q_{sys_fr}(h) &= 0 (Wh) \end{aligned} \quad (821)$$

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 :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (822)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\phi_{pertes_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_vc_fr} \times L_{vc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{i,moy}^{gr}(h)) \quad (823)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_i(h) \quad (824)$$

$$\phi_{pertes_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_hvc_fr} \times L_{hvc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (825)$$

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.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux_fr} (.1h) \quad (826)$$

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 :

$$\Phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (827)$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch}(h) &= 0 (Wh) \\ Q_{sys_fr}(h) &= Q_{sys_fr}^{em}(h) + \Phi_{pertes_vc}(h) + \Phi_{pertes_hvc}(h) \end{aligned} \quad (828)$$

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 108 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.
	$\delta_{fonct}^{ds}(h)$ 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.	m ³ /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 : <i>chauffage</i> , 2 : <i>refroidissement</i>	Entier	0	1	-	
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
id_{type}	Type de réseau de distribution intergroupes : 0 : <i>réseau de distribution fictif</i> , 1 : <i>réseau de distribution hydraulique collectif</i> , 2 : <i>réseaux hydrauliques individuels uniquement</i> .	Entier	0	2	-	
$id_{v_air}^{ds}$	Type de batterie associée à la distribution du groupe ds: 0 : <i>Batterie sur air du local</i> , 1 : <i>Batterie sur air soufflé (en amont de la bouche de soufflage)</i> .	Entier	0	1	-	
Gestion des circulateurs id_{circ_ch} ou id_{circ_fr}	Mode de régulation du circulateur : 0 : <i>Pas de circulateurs</i> , 1 : <i>Vitesse constante</i> , 2 : <i>Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle constante</i> , 3 : <i>Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau</i> .	Ent.	0	3	-	
Températures de dimensionnement $\theta_{dep_dim_ch}^{ds}$ ou $\theta_{dep_dim_fr}^{ds}$ ou $\theta_{ret_dim_ch}^{ds}$ ou $\theta_{ret_dim_fr}^{ds}$	Température de départ de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$		
	Température de retour de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$		
	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$		
Gestion/reg. du groupe q_{resid}^{ds}	Débit résiduel minimal dû à des circulateurs en régime de fonctionnement permanent.	m ³ /h	$-\infty$	$+\infty$	-	
	Débit volumique nominal dans le réseau du groupe.	m ³ /h	$-\infty$	$+\infty$	-	
Sorties						
Nom	Description	Unité				
blage généra 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.
récup.

$Rat_{surf}^{dp,gr}$

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 108 : Nomenclature du modèle

8.9.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

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.

$$i_{relance}(h) = MAX(i_{relance}^{ds}(h))_{ds \rightarrow dp} \quad (829)$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{sys_ds_req_ch}(h) &= \sum_{ds \rightarrow dp} Q_{sys_ch}^{ds}(h) \\ Q_{sys_ds_req_fr}(h) &= \sum_{ds \rightarrow dp} Q_{sys_fr}^{ds}(h) \end{aligned} \quad (830)$$

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 :

$$\left\{ \begin{array}{l} Si id_{fonction} = 1, \left\{ \begin{array}{l} A_{dess_ch}^{dp} = \sum_{gr \leftarrow dp} [(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff_ch}^{gr,em}) \times A^{gr}] \\ A_{dess_fr}^{dp} = 0 \end{array} \right. \\ Si id_{fonction} = 2, \left\{ \begin{array}{l} A_{dess_ch}^{dp} = 0 \\ A_{dess_fr}^{dp} = \sum_{gr \leftarrow dp} [(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff_fr}^{gr,em}) \times A^{gr}] \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (831)$$

Pour un réseau intergroupes de chauffage ($id_{fonction} = 1$) :

$$\left\{ \begin{array}{l} Rat_{surf_dess_ch}^{dp,gr} = \frac{(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff_ch}^{gr,em}) \times A^{gr}}{A_{dess_ch}^{dp}} \\ Rat_{surf_dess_fr}^{dp,gr} = 0 \end{array} \right. \quad (832)$$

$$Rat_{surf}^{dp,gr} = Rat_{surf_dess_ch}^{dp,gr}$$

Pour un réseau intergroupes de refroidissement ($id_{fonction} = 2$) :

$$\left\{ \begin{array}{l} Rat_{surf_dess_ch}^{dp,gr} = 0 \\ Rat_{surf_dess_fr}^{dp,gr} = \frac{(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow dp}} Rat_{eff_fr}^{gr,em}) \times A^{gr}}{A_{dess_fr}^{dp}} \end{array} \right. \quad (833)$$

$$Rat_{surf}^{dp,gr} = Rat_{surf_dess_fr}^{dp,gr}$$

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,

$$Rat_{bes_prim_ch}^{dp,gr}(h) = \frac{\sum_{\substack{ds \in gr \\ ds \rightarrow dp}} Q_{sys_ch}^{ds}(h)}{Q_{sys_ds_req_ch}(h)} \quad (834)$$

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,

$$Rat_{bes_prim_fr}^{dp,gr}(h) = \frac{\sum_{\substack{ds \in gr \\ ds \rightarrow dp}} Q_{sys_fr}^{ds}(h)}{Q_{sys_ds_req_fr}(h)} \quad (835)$$

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 109: 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 :

$$\theta_{\max_ch} = 0 (^{\circ}\text{C}) \quad (836)$$

$$\theta_{\min_fr} = 100 (^{\circ}\text{C}) \quad (837)$$

Les données de sorties horaires sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \theta_{dep}(h) &= 0 (^{\circ}\text{C}) \\ \theta_{ret}(h) &= 0 (^{\circ}\text{C}) \\ Mod_{peries}(h) &= 0 \\ Mod_{circ}(h) &= 0 \\ q_{eff}(h) &= 0 (m^3/h) \\ \delta_{fonct}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (838)$$

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.

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \sum_{gr \leftarrow dp} Rat_{surf}^{dp,gr} \theta_{i,moy}^{gr}(h) \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (839)$$

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.

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \frac{\sum_{\{gr,s \rightarrow dp\}} q_{m,spec_souffle}^{gr,s}(h) \cdot \theta_{air_souffle}^{gr,s}(h)}{\sum_{\{gr,s \rightarrow dp\}} q_{m,spec_souffle}^{gr,s}(h)} \quad (^\circ\text{C}) \quad (840)$$

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 :

$$\theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) = \sum_{gr \leftarrow dp} Rat_{surf}^{dp,gr} \theta_{i,moy}^{gr}(h).$$

Version du 04/08/20

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.

$$\theta_{max_ch} = MAX_{ds \in dp} \left(\theta_{dep_dim_ch}^{ds} - \frac{\Delta \theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2}; \theta_{ret_dim_ch}^{ds} + \frac{\Delta \theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2} \right) \quad (841)$$

$$\theta_{min_fr} = 100(^{\circ}C) \quad (842)$$

Le débit résiduel correspond au débit minimum en fonctionnement :

$$q_{nom_ch} = \sum_{ds \in dp} q_{nom_ch}^{ds} \quad (843)$$

$$q_{resid} = \sum_{ds \in dp} q_{resid}^{ds} \quad (844)$$

8.9.3.5.2.2 Caractérisation horaire du réseau de distribution en fonction du mode de gestion

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$\delta_{fonct}(h) = MAX_{ds \in dp} (\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (845)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = MIN_{ds \in dp} (\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ q_{tot_req}(h) = \sum_{ds \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{tot_req}(h); q_{resid}) \end{cases}$$

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)

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb_ch} \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases}$$

$$\delta_{fonct}(h) = MAX_{ds, \in dp}(\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (847)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = MAX_{ds, \in dp}(\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ Mod_{pertes}(h) = MAX_{ds, \in dp}(Mod_{pertes}^{ds}(h)) \\ q_{tot_req}(h) = \sum_{ds, \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{tot_req}(h); q_{resid}) \end{array} \right. \quad (848)$$

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb_ch} \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{array} \right.$$

Version du 04/08/20

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)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom_ch}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (849)$$

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.

$$\theta_{\max_ch} = 0 (^{\circ}\text{C}) \quad (850)$$

$$\theta_{\min,fr} = \min_{ds \in dp} \left(\theta_{dep,dim,fr}^{ds} + \frac{\Delta\theta_{em,dim,fr}^{ds}}{2}; \theta_{ret,dim,fr}^{ds} - \frac{\Delta\theta_{em,dim,fr}^{ds}}{2} \right) \quad (851)$$

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 :

$$q_{nom_fr} = \sum_{ds \in dp} q_{nom_fr}^{ds} \quad (852)$$

$$q_{resid} = \sum_{ds \in dp} q_{resid}^{ds} \quad (853)$$

8.9.3.5.3.2 Caractérisation horaire du réseau de distribution en fonction du mode de gestion

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$\delta_{fonct}(h) = \max_{ds \in dp} (\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (854)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \min_{ds \in dp} (\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ q_{tot_req}(h) = \sum_{ds \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = \max(q_{tot_req}(h); q_{resid}) \end{cases} \quad (855)$$

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)

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb_fr}(h) \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases}$$

$$\delta_{fonct}(h) = MAX_{ds, \in dp}(\delta_{fonct}^{ds}(h)) \quad (856)$$

Si $\delta_{fonct}(h) > 0$, alors,

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = MIN_{ds, \in dp}(\theta_{dep}^{ds}(h)) \\ Mod_{pertes}(h) = MAX_{ds, \in dp}(Mod_{pertes}^{ds}(h)) \\ q_{tot_req}(h) = \sum_{ds, \in dp} q_{eff}^{ds}(h) \\ q_{eff}(h) = MAX(q_{tot_req}(h); q_{resid}) \end{cases}$$

(857)

Sinon, (réseau à l'arrêt)

$$\begin{cases} \theta_{dep}(h) = \theta_{amb_fr}(h) \\ \delta_{fonct}(h) = 0 \\ q_{tot_req}(h) = 0(m^3 / h) \\ q_{eff}(h) = 0(m^3 / h) \\ Mod_{pertes}(h) = 0 \end{cases}$$

Version du 04/08/20

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)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom_fr}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Si $id_{circ_fr}=3$, alors, (circulateurs à vitesse variable et variation de la pression différentielle du réseau)

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \cdot \left(0.5 \frac{q_{eff}(h)}{q_{nom_fr}} + 0.5 \left(\frac{q_{eff}(h)}{q_{nom_fr}} \right)^{\frac{2}{3}} \right)$$

(858)

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,

$$\theta_{ret}(h) = \frac{\sum_{ds \in dp} (q_{eff}^{ds}(h) \theta_{ret}^{ds}(h)) + MAX(0; q_{resid} - q_{tot_req}(h)) \times \theta_{dep}(h)}{q_{eff}(h)}$$

(859)

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.

Version du 04/08/20

8.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 110 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.tam p.	$b_{therm}(h)$	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			
Gestion/régulation du réseau intergroupes						
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 : chauffage, 2 : refroidissement	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 circulateurs	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 110 : 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 111: 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)

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch}(h) &= Q_{sys_ds_req_ch}(h) \\ Q_{sys_fr}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \end{aligned} \quad (860)$$

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.

$$\begin{aligned} W_{aux}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes_vc}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{pertes_hvc}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \\ \theta_{moy}(h) &= 0 \text{ (°C)} \\ \Phi_{aux_vc}(h) &= 0 \text{ (Wh)} \end{aligned} \quad (861)$$

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 :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (862)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc_ch} \quad (863)$$

$$\phi_{pertes_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_vc_ch} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \quad (864)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (865)$$

$$\phi_{pertes_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_hvc_ch} \times L_{hvc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (866)$$

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.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux_ch} (.1h) \quad (867)$$

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 :

$$\Phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (868)$$

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 :

$$Q_{sys_ch}(h) = Q_{sys_ds_req_ch}(h) + \phi_{pertes_vc}(h) + \phi_{pertes_hvc}(h) \quad (869)$$

$$Q_{sys_fr}(h) = 0 (Wh)$$

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 :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (870)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc_fr} \quad (871)$$

$$\phi_{pertes_vc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_vc_fr} \times L_{vc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \quad (872)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non-chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (873)$$

$$\phi_{pertes_hvc}(h) = Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_hvc_fr} \times L_{hvc} \times MIN(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \quad (874)$$

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.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \cdot P_{aux_fr} (.1h) \quad (875)$$

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 :

$$\Phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc} \cdot W_{aux}(h) (Wh) \quad (876)$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch}(h) &= 0 (Wh) \\ Q_{sys_fr}(h) &= Q_{sys_ds_req_fr}(h) + \phi_{pertes_vc}(h) + \phi_{pertes_hvc}(h) \end{aligned} \quad (877)$$

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 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.

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			
Grou pes	$i_{relance}^{gr}(h)$	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	m³/h			
	$q_{souffle,max}^{gr,s}$	Débit soufflé maximum au niveau du groupe gr par le système DAC S .	m³/h			
	$q_{souffle,CH,max}^{gr,s}$	Débit soufflé maximum au niveau du groupe gr par le système DAV S .	m³/h			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
euls de fonction	A^{gr}	Surface utile du groupe gr desservi par la CTA.	m²	0	$+\infty$	-
	$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution du groupe : 1 : chauffage 2 : refroidissement	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	-∞	+∞	-
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	-∞	+∞	-
	$\Delta\theta_{em_dim_ch}$ 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	-∞	+∞	-
	q_{resid} Débit résiduel minimal dû à des circulateurs en régime de fonctionnement permanent.	m ³ /h	-∞	+∞	-
	q_{nom_ch} ou q_{nom_fr} Débit volumique nominal dans le réseau de CTA.	m ³ /h	-∞	+∞	-
Gestion des circulateurs	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. récup.	$Rat_{surf}^{dCTA,gr}$	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
	$Q_{sys_fr}(h)$	Energie requise de refroidissement, transmise par la CTA au réseau de distribution.	Wh
Réseau de distribution de la CTA	$\theta_{dep}(h)$	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
Assemblage génération	θ_{max_ch}	Température maximale de la distribution de CTA en chauffage.	°C
	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/m ³
	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)

Tableau 112 : 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 :

$$\begin{cases} id_{fonction_ch} = MAX(id_{prechaud}, id_{antigel}, id_{chaudHR}) \\ id_{fonction_fr} = id_{prefroid} \end{cases} \quad (878)$$

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.

$$i_{relance}(h) = MAX(i_{relance}^{gr}(h))_{gr \leftarrow CTA} \quad (879)$$

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

$$\begin{cases} Q_{sys_ch}(h) = id_{prechaud} \cdot Q_{prechaud}(h) + id_{antigel} \cdot Q_{antigel}(h) + id_{chaudHR} \cdot Q_{chaudHR}(h) \\ Q_{sys_fr}(h) = id_{prefroid} \cdot Q_{prefroid}(h) \end{cases} \quad (880)$$

CTA DAC-TV et DAV :

$$\begin{cases} Q_{sys_ch}(h) = id_{prechaud} \cdot Q_{Chaud(rec)}(h) + id_{antigel} \cdot Q_{antigel}(h) \\ Q_{sys_fr}(h) = id_{prefroid} \cdot Q_{Froid(rec)}(h) \end{cases} \quad (881)$$

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.

$$Rat_{dess}^{CTA,gr} = \frac{\sum_{s \in gr} q_{soufflé, \max}^{gr,s}}{\sum_{grX \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in grX} q_{soufflé, \max}^{grX,s} \right)} \quad (882)$$

CTA DAC, DAC-TV et DAV :

$$Rat_{dess}^{CTA,gr} = \frac{\sum_{s \in gr} q_{soufflé,CH,max}^{gr,s}}{\sum_{grX \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in grX} q_{soufflé,CH,max}^{grX,s} \right)} \quad (883)$$

Les surfaces totales équivalentes desservies par la CTA sont :

$$\begin{cases} A_{dess_ch}^{CTA} = id_{fonction_ch} \cdot \sum_{gr \leftarrow CTA} (Rat_{dess}^{CTA,gr} \cdot A^{gr}) \\ A_{dess_fr}^{CTA} = id_{fonction_fr} \cdot \sum_{gr \leftarrow CTA} (Rat_{dess}^{CTA,gr} \cdot A^{gr}) \end{cases} \quad (884)$$

Conventionnellement, les pertes du réseau de distribution de CTA sont attribuées aux différents groupes desservis au prorata de ce ratio :

$$Rat_{surf}^{dCTA,gr} = Rat_{dess}^{CTA,gr} \quad (885)$$

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 desservis dans chaque groupe.

Pour un réseau de CTA de chauffage ($id_{fonction_ch} = 1, id_{fonction_fr} = 0$) :

$$Rat_{bes_fr}^{dCTA,gr}(h) = 0 \quad (886)$$

Si $Q_{req_ch}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes_ch}^{dCTA,gr}(h) = \frac{\sum_{s \in gr} q_{spec_souffle}^{gr,s}(h)}{\sum_{gr \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in gr} q_{spec_souffle}^{gr,s}(h) \right)} \quad (887)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_ch}^{dCTA,gr}(h) = Rat_{dess}^{dCTA,gr}$$

Pour un réseau de CTA de refroidissement ($id_{fonction_ch} = 0, id_{fonction_fr} = 1$) :

$$Rat_{bes_ch}^{dCTA,gr}(h) = 0 \quad (888)$$

Si $Q_{req_fr}(h) < 0$, alors,

$$Rat_{bes_fr}^{dCTA,gr}(h) = \frac{\sum_{s \in gr} q_{spec_souffle}^{gr,s}(h)}{\sum_{gr \leftarrow CTA} \left(\sum_{s \in gr} q_{spec_souffle}^{gr,s}(h) \right)} \quad (889)$$

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 113 : 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 :

$$\theta_{\max_ch} = 0(^{\circ}\text{C}) \quad (890)$$

$$\theta_{\min_fr} = 100(^{\circ}\text{C}) \quad (891)$$

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.

Si $id_{prechaud} = 1$ ou $id_{prefroid} = 1$ ou $id_{chaudHR} = 1$, alors,

$$\theta_{i,aval,eq}^{dCTA}(h) = \theta_{souf,mel}^{CTA}(h) (^{\circ}\text{C}) \quad (892)$$

Sinon, (cas $id_{antigel} = 1$ seul)

$$\theta_{i,aval,eq}^{dCTA}(h) = \underset{s \rightarrow CTA}{MIN}(\theta_{AN}^s(h)) \quad (893)$$

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.

$$\text{Si } id_{gest_ch}=2, \text{ alors, } \theta_{max_ch} = \theta_{ret_dim_ch} + \Delta\theta_{em_dim_ch} \quad (894)$$

$$\text{Sinon, } \theta_{max_ch} = \theta_{dep_dim_ch}$$

$$\theta_{min_fr} = 100(^{\circ}\text{C}) \quad (895)$$

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.

$$\theta_{max_ch} = 0(^{\circ}\text{C}) \quad (896)$$

$$\text{Si } id_{gest_fr}=2, \text{ alors, } \theta_{min_fr} = \theta_{ret_dim_fr} + \Delta\theta_{em_dim_fr} \quad (897)$$

$$\text{Sinon, } \theta_{min_fr} = \theta_{dep_dim_fr}$$

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 114 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.	m³/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 : 0 : réseau de distribution fictif, 1 : réseau de distribution hydraulique.	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 114 : 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 115: 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 **S1 Syst Assemblage de la génération**

8.13.1 *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).

Version du 04/08/20

8.13.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 116 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
syst.

$A_{dess_ch}^{dp}$
(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.
Paramètres de la gestion/régulation de la génération	Emplacement de la génération.	-	-	-	-
Paramètres des générateurs	Nombre de générateurs identiques, niveau de priorité au niveau de la génération.	-	-	-	-

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Paramètres de la gestion/régulation de la génération	Gestion de la priorité, organisation hydraulique des générateurs et des réseaux de distribution.	-	-	-	-
Paramètres des générateurs	Type, fonction, matrices de fonctionnement, rendements ou efficacités, puissances nominales, températures de fonctionnement.	-	-	-	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{req,ch}^{gen,gr}(h)$	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

Calculs groupe

P. et c.aux. recup.	$\{Q_{cef(po.;én.)}^{gen,gr}(h)\}$	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 116 : Nomenclature du modèle

8.13.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

L'assemblage de la génération est organisé de la manière suivante :

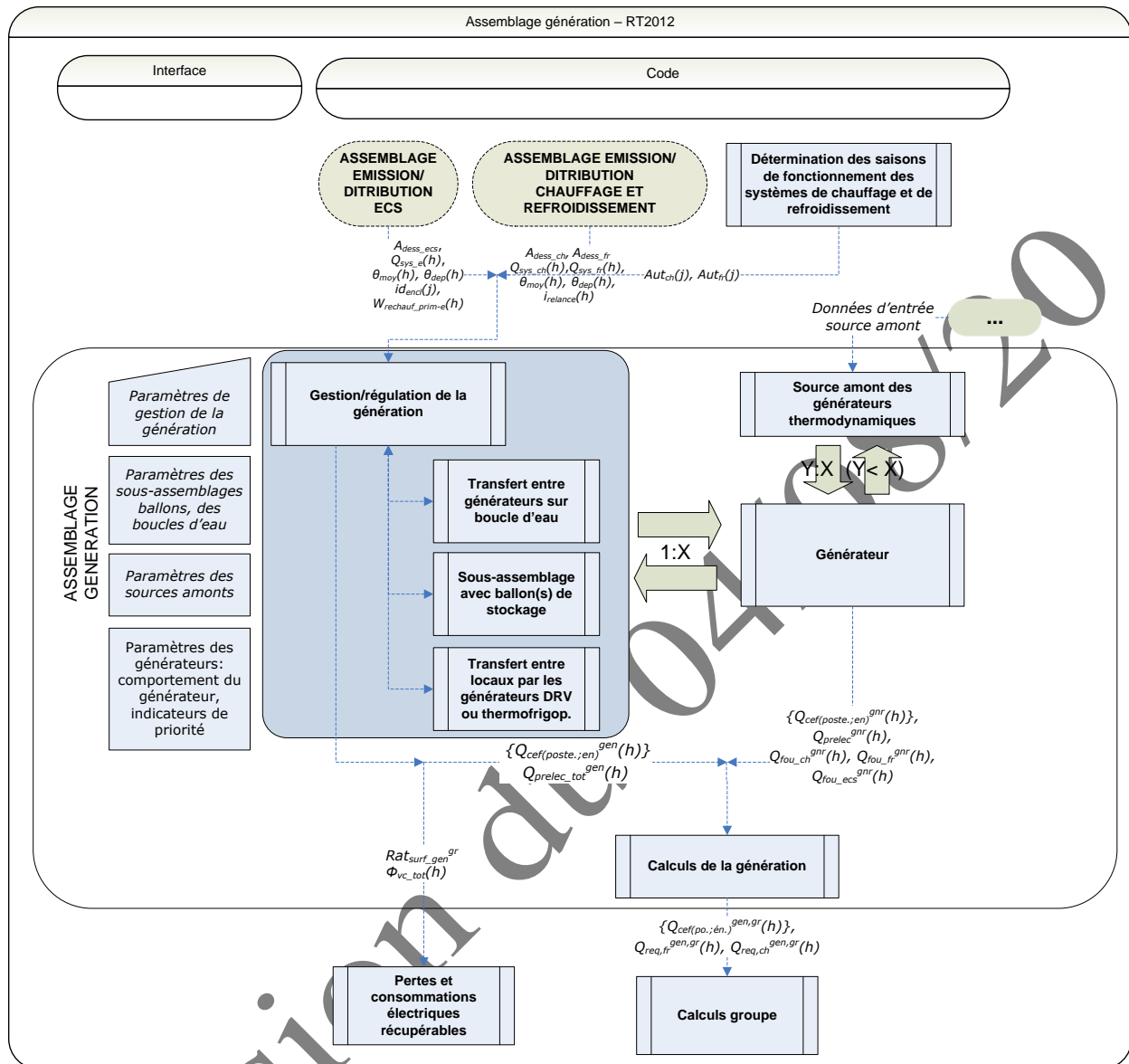


Figure 97 : Assemblage de la génération

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 différents 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 $h+1$.

8.14 C Gen Transferts Entre Generateurs Sur Boucle D'eau

8.14.1 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.

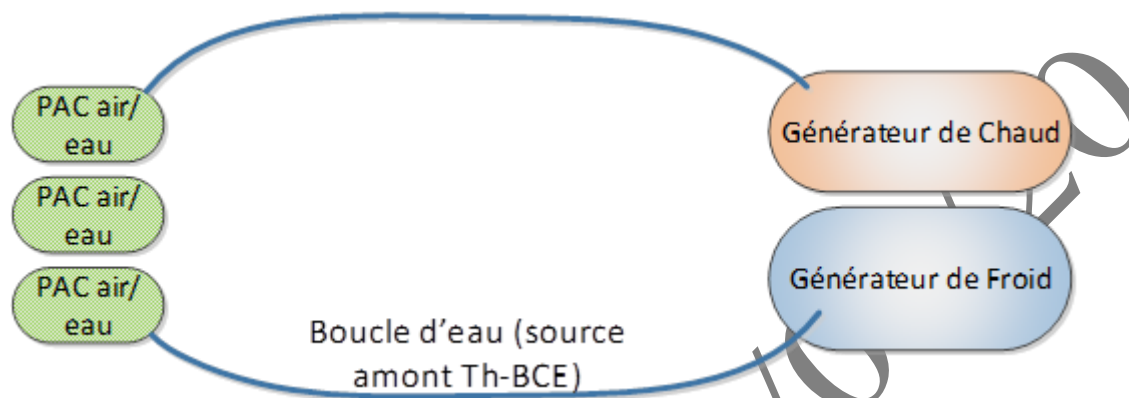


Figure 98 – schéma de principe des systèmes dits de pompes à chaleur sur boucle d'eau

Les pompes à chaleur 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).

8.14.2 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

Tour de refroidissement sur la boucle

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			
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
Tour de refroidissement	$P_{ngen_tot_fr}^{gr}$	Puissance nominale totale en refroidissement des PAC sur boucle d'eau pour le groupe gr .	Réel
	$Rat_{pngen_ch}^{gnr,gr}$	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
	$Rat_{pngen_fr}^{gnr,gr}$	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

Données par générateur

$Q_{rep_BE_ch}^{gr}(h)$	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
$\Phi_{vc}^{gr}(h)$	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 117 : Nomenclature du modèle

8.14.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

8.14.3.1 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 \mathbf{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 \mathbf{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 \mathbf{G}_{BE}^{gr} .

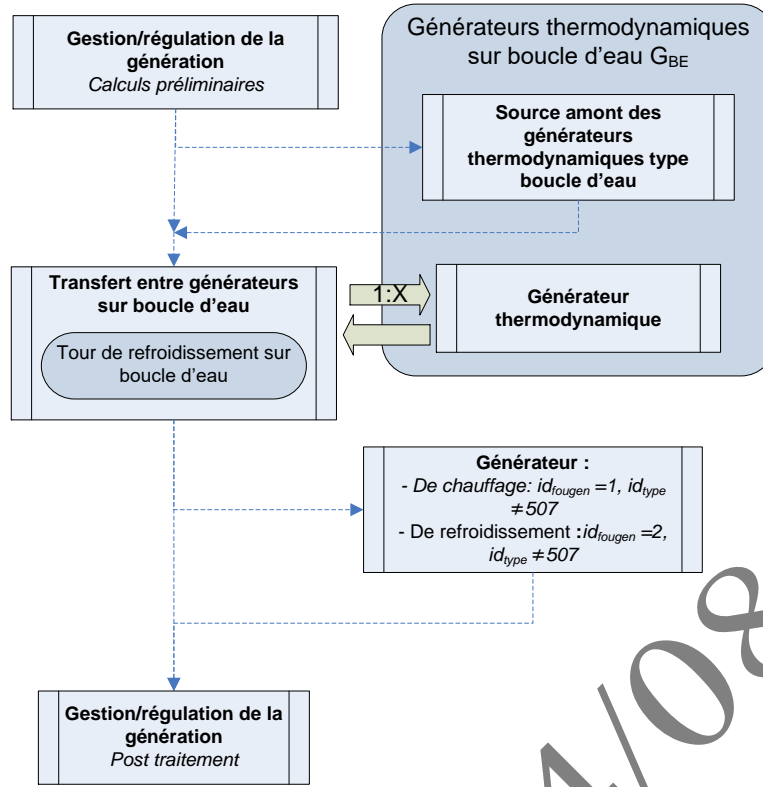


Figure 99: Séquence d'appel des composants pour la modélisation d'une boucle d'eau - Description algorithmique

8.14.3.2 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 :

$$\begin{cases} P_{ngen_tot_ch}^{gr} = \sum_{gnr \in GBE} N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen_ch}^{gnr} \\ P_{ngen_tot_fr}^{gr} = \sum_{gnr \in GBE} N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen_fr}^{gnr} \end{cases} \quad (898)$$

$$\begin{cases} Rat_{pngen_ch}^{gnr,gr} = \frac{N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen_ch}^{gnr}}{P_{ngen_tot_ch}^{gr}} \\ Rat_{pngen_fr}^{gnr,gr} = \frac{N_{pbe}^{gnr,gr} \cdot P_{ngen_fr}^{gnr}}{P_{ngen_tot_fr}^{gr}} \end{cases} \quad (899)$$

8.14.3.3 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:

$$Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) > 0 \text{ ou } Aut_{ch}(j) \neq 1 \text{ (avec } Aut_{fr}(j) = 1 \text{)}$$

Les PAC sur boucle d'eau du groupe gr fonctionnent en mode refroidissement, à charge nulle ou non-nulle.

$$id_{fonction} = 2 \quad (900)$$

$$Q_{req_BE_fr}^{gr}(h) = Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) + Q_{rep_BE_fr}^{gr}(h) \quad (901)$$

$$Q_{rep_BE_fr}^{gr}(h) = 0$$

$$\text{DEBUT DE LA BOUCLE : générateur } gnr \in G_{BE}^{gr} \quad (902)$$

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 :

$$\text{Si } Q_{req} > 0, \text{ alors, } i_{a_refroidi}^{gnr}(h) = 1$$

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.

$$id_{fonction} = 1 \quad (903)$$

$$Q_{req_BE_ch}^{gr}(h) = Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) + Q_{rep_BE_ch}^{gr}(h) \quad (904)$$

$$Q_{rep_BE_ch}^{gr}(h) = 0$$

DEBUT DE LA BOUCLE : générateur $gnr \in G_{BE}^{gr}$ (905)

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

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ id_{fonction} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix} s$$

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

8.14.3.4 *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.

$$\phi_{\text{rejet_totBE_ch}}(h) = \sum_{\text{gnr} \in \text{GBE}} \text{MIN} (0; \phi_{\text{rejet}}^{\text{gnr}}(h)) \quad (906)$$

$$\phi_{\text{rejet_totBE_fr}}(h) = \sum_{\text{gnr} \in \text{GBE}} \text{MAX} (0; \phi_{\text{rejet}}^{\text{gnr}}(h)) \quad (907)$$

La quantité d'énergie totale transférée sur la boucle est la suivante :

$$Q_{\text{transfert_BE}}(h) = \text{MIN}(\phi_{\text{rejet_totBE_ch}}(h); \phi_{\text{rejet_totBE_fr}}(h)) \times R_{\text{eff_trBE}} \quad (908)$$

Conventionnellement, l'efficacité du transfert $R_{\text{eff_trBE}}$ est fixée à 0.8.

Les puissances à fournir par les équipements de la boucle sont alors égales à :

$$\begin{cases} Q_{\text{sys_BE_ch}}(h) = \phi_{\text{rejet_totBE_ch}}(h) - Q_{\text{transfert_BE}}(h) \\ Q_{\text{sys_BE_fr}}(h) = \phi_{\text{rejet_totBE_fr}}(h) - Q_{\text{transfert_BE}}(h) \end{cases} \quad (909)$$

8.14.3.5 *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

8.14.3.6 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}).

$$\theta_{aval_chaudBE}(h) = \min \left[\theta_{max_rech_BE}; \theta_{be}(j) + \frac{Q_{sys_BE_ch}(h) + Q_{rep_ch}(h-1)}{P_{ngen}} \times (\theta_{max_rech_BE} - \theta_{be}(j)) \right] \quad (910)$$

L'algorithme d'appel de ce générateur est le suivant :

$$id_{fonction} = 1 \quad (911)$$

- **Hors saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) \neq 1$
Le générateur est désactivé pour le poste considéré.

- **En saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) = 1$

Soit le générateur gnr de chauffage de la boucle d'eau : (912)

Charge du générateur

$$Q_{req} = Q_{sys_BE_ch}(h) + Q_{rep_ch}(h-1)$$

$$Q_{rest} = 0$$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui_dispo} = 1$$

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ \dots \end{bmatrix} = AppelGenerateur \begin{bmatrix} \dots \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_chaudBE}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix}$$

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)

$$Q_{rep_ch}(h) = Q_{rest}$$

8.14.3.7 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 ($id_{rougen} = 2$ et $idtype \neq 507$) ou bien par une tour de refroidissement. Ce générateur est décrit sous la forme d'un composant à part entière crée 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.

8.14.3.7.1 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

$$Q_{req} = Q_{sys_BE_fr}(h) + Q_{rep_fr}(h - 1) \quad (913)$$

$$Q_{rest} = 0$$

On caractérise la tour de refroidissement à la manière d'un générateur :

Description des performances de la tour de refroidissement

$$P_{max} = q_{v,nom,tour} \cdot \rho_{eau} \cdot C_{pe} \cdot MAX(0; \theta_{amont}^{SA}(h) - \theta_{es_tour})$$

$$Q_{fou} = MIN(Q_{req}; P_{max})$$

$$\tau_{charge} = \frac{Q_{fou}}{P_{max}}$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou}$$

Consommation de la tour de refroidissement

$$\{W_{pompes_tour} = P_{pompes_tour} \times \tau_{charge}$$

$$\{W_{vent_tour} = P_{vent_tour} \times \tau_{charge}$$

$$Q_{cons} = W_{pompes_tour} + W_{vent_tour}$$

Remplissage de la matrice des consommations de la tour de refroidissement

$$Q_{cef(2;5)} = Q_{cons}$$

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 ».

$$\begin{cases} \{Q_{cef(2;enr)}^{gnr}(h)\} = \{Q_{cef(2;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) = Q_{cons} \\ Q_{fou_fr}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) = \tau_{charge} \end{cases} \quad (915)$$

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)

$$Q_{rep_fr}(h) = Q_{rest}$$

8.14.3.7.2 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 $id_{type} \neq 507$.

$$\theta_{aval_froidBE}(h) = \min \left[\theta_{min_fr_BE}; \theta_{be}(j) + \frac{Q_{sys_BE_fr}(h) + Q_{rep_fr}(h-1)}{P_{ngen}} \times (\theta_{min_fr_BE} - \theta_{be}(j)) \right] \quad (916)$$

L'algorithme d'appel de ce générateur est le suivant :

$$id_{fonction} = 2 \quad (917)$$

- **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

$$Q_{req} = Q_{sys_BE_fr}(h) + Q_{rep_fr}(h-1) \quad (918)$$

$$Q_{rest} = 0$$

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)

$$Q_{rep_fr}(h) = Q_{rest}$$

8.15 C GEN Transferts entre locaux par les générateurs DRV ou thermofrigopompes

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 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.

8.15.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 118 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 <i>gnr</i> 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 par 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 118 : Nomenclature du modèle

8.15.3 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 :

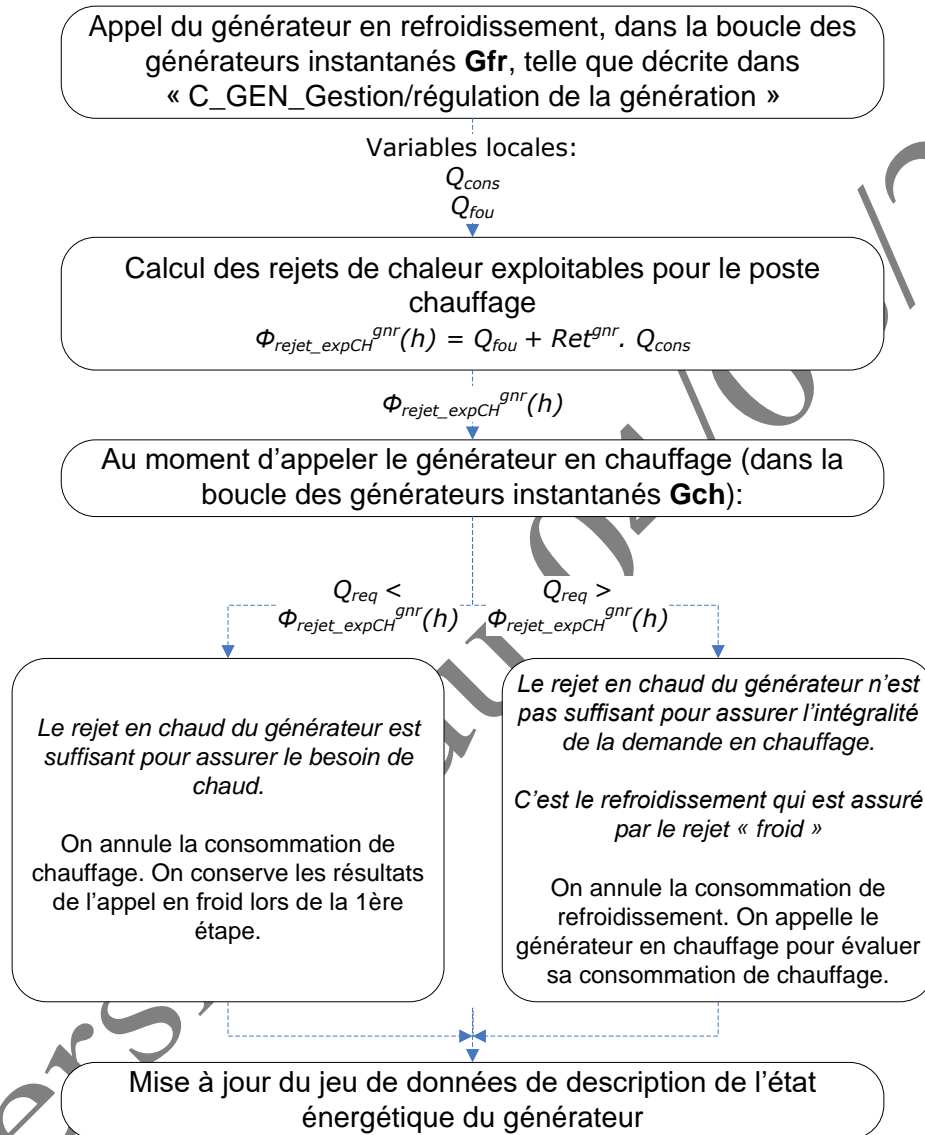


Figure 100: Description du processus de calcul horaire des transferts d'énergie par les générateurs DRV et thermofrigopompes

8.15.3.1 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 :

$$\phi_{rejet_expCH}^{gnr}(h) = Q_{fou} + Ret^{gnr} \cdot Q_{cons} \quad (919)$$

8.15.3.2 **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 (920)

...

Définition du Q_{req} selon le mode de gestion de la génération voir « C_GEN_Gestion/régulation de la génération »).

Si $Q_{req} > \phi_{rejet_expCH}^{gnr}(h)$ ou ($Q_{req} = 0$ et $\phi_{rejet_expCH}^{gnr}(h) = 0$), 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 :

$$\begin{cases} \{Q_{cef(2;enr)}^{gnr}(h)\} = \{0\} & \phi_{rejet}^{gnr}(h) = 0 \\ Q_{cons}^{gnr}(h) = 0 & \phi_{vc}^{gnr}(h) = 0 \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) = 0 & W_{aux,pro}^{gnr}(h) = 0 \\ \tau_{ch\ arg\ e}^{gnr}(h) = 0 & W_{aux}^{gnr}(h) = 0 \end{cases}$$

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

$$i_{fonction} = 1$$

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{ch\ arg\ e} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix}$$

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 »

$$\left\{ \begin{array}{l} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \cdot \tau_{charge} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{array} \right.$$

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 :

$$Q_{req} \leq \phi_{rejet_expCH}^{gnr}(h).$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{fou_ch}^{gnr}(h) = Q_{req} \\ Q_{req} = 0 \\ Q_{rest} = 0 \end{array} \right.$$

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}

8.16 **C GEN Gestion/régulation de la génération**

8.16.1 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. A 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.

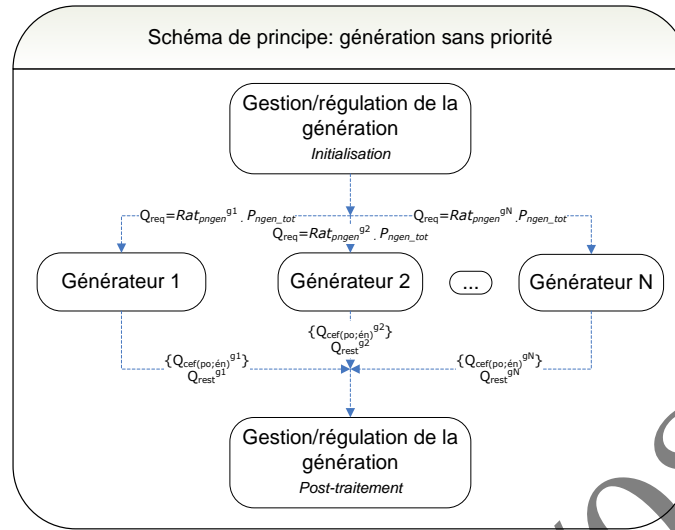


Figure 101 : Génération sans priorité

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 $id_{priorite_ecs}^{gnr}$.

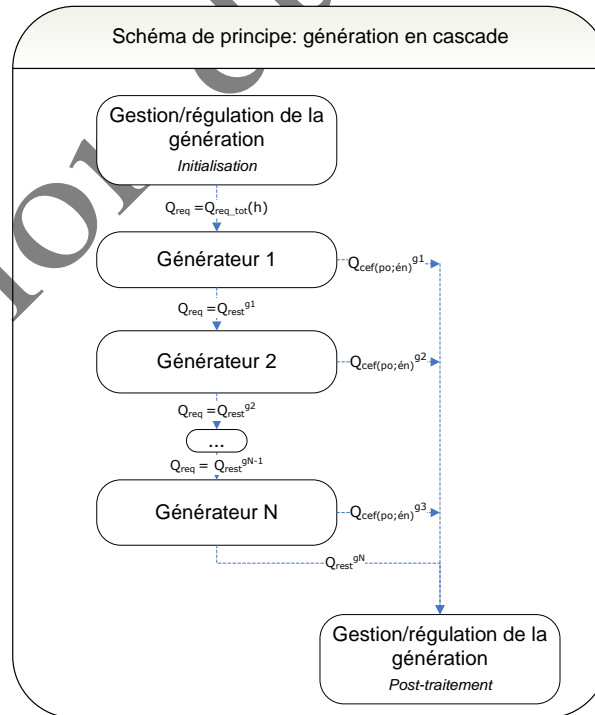


Figure 102 : Génération en cascade

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) :

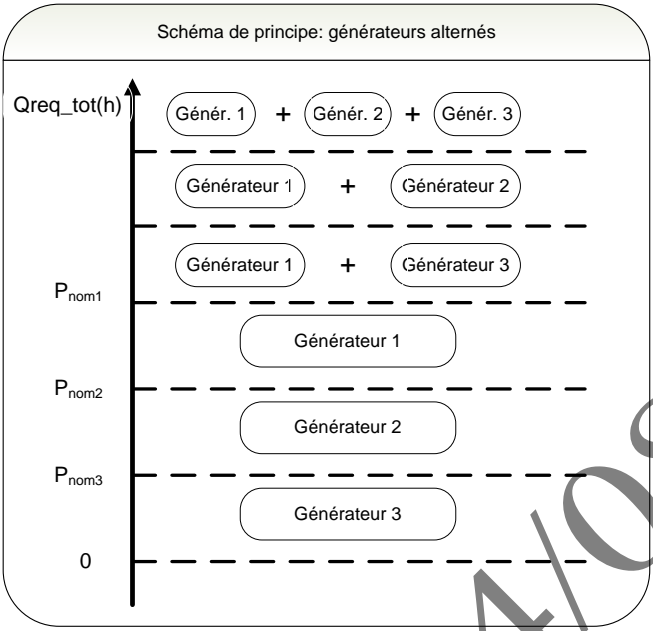


Figure 103 : Génération en alternance

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 ».

8.16.2 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	.		
	$Q_{rep_ch}^{gen,gr}(h-1)$	Demande en énergie totale de chauffage de la génération reportée au pas de temps h	Wh			
Report d'énergie	$Q_{rep_fr}^{gen,gr}(h-1)$	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/Estival (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	$+\infty$	

Fonctionnement en Génération	$P_{ngen_fr}^{gnr}$	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	
ECS	$\theta_{wm_ecs}^{gen}$	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			
Calculs générations	$Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h)$	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
Sorties horaires	$\eta_{eff_ecs}^{gnr}(h)$	COP, EER ou rendement du générateur en ECS	Réel
P. et c. aux. récup.	$\phi_{vc_tot}^{gen,gr}$	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
Indicateurs de sous-dimensionnement	$id_{sousdim_court_ch}^{gnr}$	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 .
	$id_{sousdim_court_fr}^{gnr}$	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
on sans priori	$P_{ngen_tot_ch}^{gnr}$	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
Alternés	$N_{basculement}^{gnr}(h)$	Compteur d'heures de basculement du générateur gnr	h
Sources 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 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 consommée 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
Sto.	$\theta_{amb}^{gnr}(h)$	Température d'ambiance d'un générateur	°C
	$\phi_{vc}^{sto}(h)$	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	$Nb_{soudim_ch}(h)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif en chauffage et/ou ECS	h
	$Nb_{soudim_ch}(h - 1)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif au pas de temps précédent en chauffage et/ou ECS	h
	$Nb_{soudim_fr}(h)$	Nombres de pas de temps de sous-dimensionnement successif en refroidissement	h
	$Nb_{soudim_fr}(h - 1)$	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 119 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

8.16.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.16.3.1 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 :
 - o Dans le cas de réseaux fictifs de chauffage, l'ensemble des générateurs de chauffage ($id_{fougen}^{gnr} = 1, 4$ 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 ($id_{type}^{gnr} = 500$) ;
 - o Dans le cas de réseaux fictifs de refroidissement, l'ensemble des générateurs de refroidissement ($id_{fougen}^{gnr} = 2$ 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 ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$) ;
 - o 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 ($id_{fluide-aval}^{gnr} \neq 2$) ;
 - o L'ensemble des générateurs d'ECS ($id_{fougen}^{gnr} = 3$ 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.
 - o Soit les températures extrêmes rencontrées parmi les distributions intergroupes hydrauliques :

$$\theta_{dist_ch_max}^{gen} = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}}(\theta_{max_ch}^{dp}) \quad (921)$$

$$\theta_{dist_fr_max}^{gen} = \max_{\begin{cases} dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp} = 2 \end{cases}} (\theta_{max_fr}^{dp}) \quad (922)$$

$$\theta_{dist_ecs_max}^{gen} = \max_{\begin{cases} dp-e \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp} = 3 \end{cases}} (\theta_{max_ecs}^{dp-e}) \quad (923)$$

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),

$$\begin{cases} \theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{wm_ch}^{gen} \\ \theta_{dist_ch_max}^{gen} \leq \theta_{wm_ch}^{gen} \end{cases} \quad (924)$$

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),

$$\begin{cases} \theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{wm_fr}^{gen} \\ \theta_{dist_fr_max}^{gen} \leq \theta_{wm_fr}^{gen} \end{cases} \quad (925)$$

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 :

$$\begin{cases} \theta_{max}^{gnr} \geq \theta_{wm_ecs}^{gen} \\ \theta_{dist_ecs_max}^{gen} \leq \theta_{wm_ecs}^{gen} \end{cases} \quad (926)$$

- 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 :

$$\theta_{min}^{gnr} \geq \theta_{boucle_max} \quad (927)$$

De même, pour chaque générateur de refroidissement parmi ces équipement ($id_{fougen}^{gnr} = 2$ ou 5), on vérifiera que :

$$\theta_{min}^{gnr} \leq \theta_{boucle_min} \quad (928)$$

8.16.3.2 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 120 : 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).

8.16.3.3 *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* :

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = \frac{A^{gr}}{\sum_{gr^* \rightarrow gen} A^{gr^*}} \quad (929)$$

Sinon,

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = 0 \quad (930)$$

On calcule également le ratio de la surface desservie par chaque distribution intergroupe sur la surface totale desservie par la génération :

$$Rat_{surf_dess_ch}^{dp} = \frac{A_{dess_ch}^{dp}}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess_ch}^{dp}} \quad (931)$$

$$Rat_{surf_dess_fr}^{dp} = \frac{A_{dess_fr}^{dp}}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess_fr}^{dp}} \quad (932)$$

$$Rat_{surf_dess_ecs}^{dp} = \frac{A_{dess_ecs}^{dp}}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess_ecs}^{dp}} \quad (933)$$

8.16.3.4 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} .

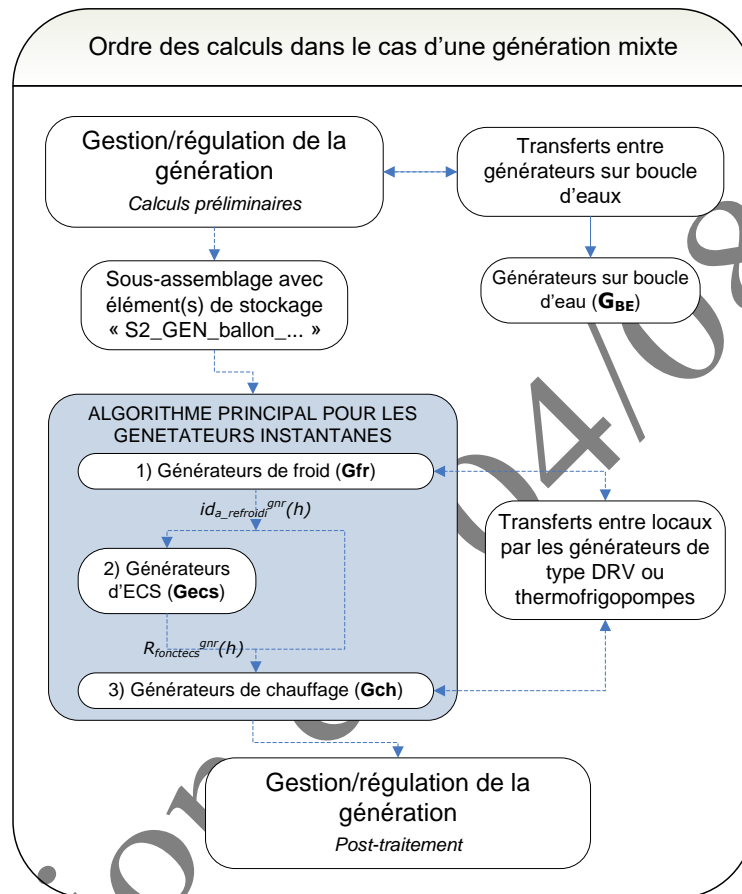


Figure 104 : Ordre des calculs dans la génération

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.

8.16.3.5 Calculs préliminaires

8.16.3.5.1 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 105 : Jeu de données de description du fonctionnement d'un générateur

À chaque début de pas de temps, ces variables sont initialisées à 0.

8.16.3.5.2 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.

$$Q_{req_tot_sr_ch}^{gen}(h) = \sum_{dp \in gen} Q_{sys_ch}^{dp}(h) \quad (934)$$

$$Q_{req_tot_sr_fr}^{gen}(h) = - \sum_{dp \in gen} Q_{sys_fr}^{dp}(h) \quad (935)$$

$$Q_{req_tot_sr_ecs}^{gen}(h) = \sum_{dp \in gen} Q_{sys_ecs}^{dp}(h) \quad (936)$$

8.16.3.5.3 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.

Si $Q_{req_tot_sr_ch}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes_ch}^{gen,dp}(h) = \frac{Q_{sys_ch}^{dp}(h)}{Q_{req_tot_sr_ch}^{gen}(h)} \quad (937)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_ch}^{gen,dp}(h) = Rat_{surf_dess_ch}^{dp}(h)$$

Si $Q_{req_tot_sr_fr}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes_fr}^{gen,dp}(h) = \frac{-Q_{sys_fr}^{dp}(h)}{Q_{req_tot_sr_fr}^{gen}(h)} \quad (938)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_fr}^{gen,dp}(h) = Rat_{surf_dess_fr}^{dp}(h)$$

Si $Q_{req_tot_sr_ecs}^{gen}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes_ecs}^{gen,dp-e}(h) = \frac{Q_{sys_ecs}^{dp-e}(h)}{Q_{req_tot_sr_ecs}^{gen}(h)} \quad (939)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_ecs}^{gen,dp-e}(h) = Rat_{surf_dess_ecs}^{dp-e}(h)$$

8.16.3.5.4 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 :

$$Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h) = \sum_{dp \rightarrow gr} Rat_{bes_ch}^{gen,dp}(h) \times Rat_{bes_ch}^{dp,gr}(h) \quad (940)$$

$$Rat_{bes_fr}^{gen,gr}(h) = \sum_{dp \rightarrow gr} Rat_{bes_fr}^{gen,dp}(h) \times Rat_{bes_fr}^{dp,gr}(h) \quad (941)$$

$$Rat_{bes_ecs}^{gen,gr}(h) = \sum_{dp-e \rightarrow gr} Rat_{bes_ecs}^{gen,dp-e}(h) \times Rat_{bes_ecs}^{dp-e,gr}(h) \quad (942)$$

$$Q_{req, ch}^{gen,gr}(h) = Q_{req_tot_sr_ch}^{gen}(h) \times Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h) \quad (943)$$

$$Q_{req, fr}^{gen,gr}(h) = Q_{req_tot_sr_fr}^{gen}(h) \times Rat_{bes_fr}^{gen,gr}(h) \quad (944)$$

$$Q_{req, ecs}^{gen,gr}(h) = Q_{req_tot_sr_ecs}^{gen}(h) \times Rat_{bes_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (945)$$

8.16.3.5.5 Indicateur de relance de la génération

La génération fonctionne en mode relance lorsque au moins un des groupes connectés est en période de relance :

$$id_{relance_ch}^{gen}(h) = \max \left(id_{relance}^{dp}(h) \right) \quad (946)$$

$$\begin{cases} dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp} = 1 \end{cases}$$

$$id_{relance_fr}^{gen}(h) = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=2}}(id_{relance}^{dp}(h)) \quad (947)$$

8.16.3.5.6 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.

8.16.3.5.7 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 :

$$id_{encl}^{gen}(j) = \max_{\substack{dp-e \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=3}}(id_{encl}^{dp-e}(j)) \quad (948)$$

8.16.3.5.8 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 considèrera 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

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + [1 - b_{therm}(h)] \times \frac{\theta_{amb_ch} + \theta_{amb_fr}}{2}$$

8.16.3.5.9 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 :

$$\theta_{amont}^{SA}(h) = CalculTempAmont(\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)) \quad (949)$$

Pour tout générateur relié à la source amont : $\theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}^{SA}(h)$

8.16.3.5.10 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 :

$$\theta_{aval_ch}^{gen}(h) = \theta_{wm_ch}^{gen} \quad (950)$$

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.

8.16.3.5.10.1 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 :

Si $id_{gestion_ch}^{gen} = 1$, alors,

$$\theta_{aval_ch}^{gen}(h) = \theta_{wm_ch}^{gen}$$

Sinon,

Si $id_{relance_ch}^{gen}(h) = 1$ (relance de chauffage), alors, (951)

$$\theta_{aval_ch}^{gen}(h) = \theta_{dist_ch_max}^{gen}$$

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,

$$\theta_{aval_fr}^{gen}(h) = \theta_{dist_fr_max}^{gen} \quad (952)$$

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

$$\theta_{aval_fr}^{gen}(h) = \max_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}} \theta_{moy}^{dp}(h)$$

8.16.3.5.10.2 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 :

$$\theta_{aval_ch}^{gen}(h) = \sum_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=1}} Rat_{bes_ch}^{gen,dp}(h) \times \theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) \quad (953)$$

En refroidissement, si les réseaux sont de type fictif :

$$\theta_{aval_fr}^{gen}(h) = \sum_{\substack{dp \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{dp}=2}} Rat_{bes_fr}^{gen,dp}(h) \times \theta_{i,aval,eq}^{dp}(h) \quad (954)$$

8.16.3.5.11 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 **8.16.3.5.1** à 8.16.3.5.10 sont cependant effectuées comme pour une génération classique.

On applique également l'étape de post-traitement des données telle que décrite dans la partie 8.16.3.9.

8.16.3.5.12 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.

$$Q_{req_tot_ar_ch}^{gen}(h) = Q_{req_tot_sr_ch}^{gen}(h) + Q_{req_ch}^{gen}(h - 1) \quad (955)$$

$$Q_{req_tot_ar_fr}^{gen}(h) = Q_{req_tot_sr_fr}^{gen}(h) + Q_{req_fr}^{gen}(h - 1) \quad (956)$$

$$Q_{req_tot_ar_ecs}^{gen}(h) = Q_{req_tot_sr_ecs}^{gen}(h) + Q_{req_ecs}^{gen}(h - 1) \quad (957)$$

8.16.3.6 *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.

8.16.3.7 *Algorithme principal pour les générateurs instantanés*

8.16.3.7.1 *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 *AppelGenerateur* :

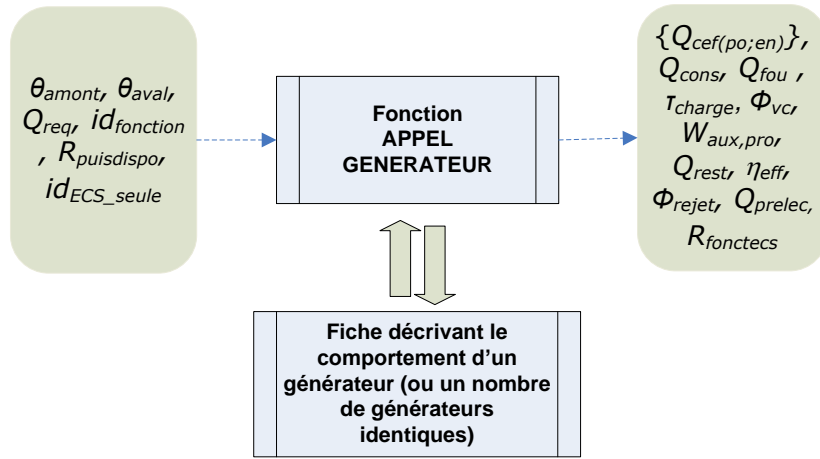


Figure 106 : Description de la fonction d'appel d'un générateur (*AppelGénérateur*)

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.

8.16.3.7.2 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.

8.16.3.7.2.1 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 :

$$P_{ngen_tot_ [po.]} = \sum_{gnr \in G_{[po.]}} R_{dim}^{gnr} \times P_{ngen_ [po.]}^{gnr} \quad (958)$$

$$Rat_{pngen_ [po.]}^{gnr}(h) = \frac{R_{dim}^{gnr} \times P_{ngen_ [po.]}^{gnr}}{P_{ngen_ tot_ [po.]}^{gnr}} \quad (959)$$

ETAPE 2 : appel des générateurs selon un mode de gestion sans priorité en ECS : la demande est répartie au prorata des puissances nominales.

$$id_{fonction}^{gnr} = 3 \quad (960)$$

- **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, $I_{a_refroidi}^{gnr}(h) = 1$)

$$Q_{req} = [1 - i_{a_refroidi}^{gnr}(h)] \times \frac{Rat_{pngen_ecs}^{gnr}}{\sum_{gnrk \in G_{ecs}} [1 - i_{a_refroidi}^{gnr}(h)] \times Rat_{pngen_ecs}^{gnrk}} \times Q_{req_tot_ar_ecs}^{gen}(h) \quad (96)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (96)$$

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 $(i_{hivernal}^{gnr} = 1 \text{ et } I_{mois} \in \{1,2,3,4,5,10,11,12\})$ ou $(i_{hivernal}^{gnr} = 2 \text{ et } I_{mois} \in \{5,6,7,8,9,10\})$, 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

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs_seule} \end{bmatrix}$$

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 ».

GÉNÉRATEUR 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.

$$id_{fonction}^{gnr} = 2 \quad (963)$$

- **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

$$Q_{req} = \frac{Rat_{pngen_fr}^{gnr}}{\sum_{gnrk \in G_{fr}} Rat_{pngen_fr}^{gnrk}} \times Q_{req_tot_ar_fr}^{gen}(h) \quad (96)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (96)$$

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.

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (966)$$

- **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, $i_{a_refroidi}^{gnr}(h) = 1$)

$$Q_{req} = [1 - i_{a_refroidi}^{gnr}(h)] \times \frac{Rat_{pngen_ch}^{gnr}}{\sum_{gnrk \in G_{ch}} [1 - i_{a_refroidi}^{gnrk}(h)] \times Rat_{pngen_ch}^{gnrk}} \times Q_{req_tot_ar_ch}^{gen}(h) \quad (967)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (968)$$

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

$$Q_{rep_po.}^{gen,gr}(h) = Q_{req_tot_ar_po.}^{gen}(h) - \sum_{gnr \in G_{po.}} Q_{fou_po.}^{gnr}(h) \quad (969)$$

8.16.3.7.2.2 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 :

$$Q_{req} = Q_{rep_tot_ar_po.}^{gen,gr}(h) \quad (970)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep_tot_ar_ [po.]}^{gen,gr}(h) \quad (971)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs en ECS selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 3 \quad (972)$$

- **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

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \\ R_{fonct_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ecs}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs_seule} \end{bmatrix} \right)$$

Report de puissance

$$R_{req} = R_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff_ecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ R_{fonct_ecs}^{gnr}(h) += R_{fonct_ecs} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ecs}$, 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 :

$$id_{fonction}^{gnr} = 2 \quad (973)$$

- **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

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_fr}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Report de puissance

$$R_{req} = R_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_fr}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \times \tau_{charge} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff_fr}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{fr}$, 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 :

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (974)$$

- **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

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Report de puissance

$$R_{req} = R_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\begin{cases} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_fr}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \times \tau_{charge} \end{cases} \quad \begin{cases} \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{eff_fr}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{cases}$$

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche ».

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$, 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) :

$$Q_{rep.[po.]}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (975)$$

8.16.3.7.2.3 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.

8.16.3.7.2.3.1 Cas d'une génération monoposte refroidissement

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep_tot_ar_fr}^{gen,gr}(h) \quad (976)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep_tot_ar_fr}^{gen,gr}(h) \quad (977)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs en **refroidissement** selon leurs disponibilités pour le poste unique donné :

$$id_{fonction}^{gnr} = 2 \quad (978)$$

- **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

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \\ R_{fonct_ecs} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \left(\begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix} \right)$$

Report de puissance

$$Q_{req} = Q_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(2;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{effecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \end{array} \right.$$

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

$$Q_{rep_fr}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (979)$$

8.16.3.7.2.3.2 Cas d'une génération monoposte ECS

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep_tot_ar_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (980)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep_tot_ar_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (981)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs de production d'ECS selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 3 \quad (982)$$

- **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

$$N_{basculement}^{gnr}(h) = N_{basculement_init}^{gnr} \text{ (le compteur de basculement marche /arrêt est réinitialisé)}$$

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

$$Q_{rep_ecs}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (983)$$

8.16.3.7.2.3.3 Cas d'une génération monoposte chauffage

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$Q_{req} = Q_{rep_tot_ar_ch}^{gen,gr}(h) \quad (984)$$

$$Q_{rest} = Q_{rep_tot_ar_ch}^{gen,gr}(h) \quad (985)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs de production de **chauffage** selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (986)$$

- **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

$$Q_{rest} = Q_{req}$$

GÉNÉRATEUR 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

$$Q_{rep_ch}^{gen,gr}(h) = Q_{rest} \quad (987)$$

8.16.3.7.2.3.4 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 :

$$Q_{req_ecs} = Q_{req_tot_ar_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (988)$$

$$Q_{rest_ecs} = Q_{req_tot_ar_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (989)$$

$$Q_{req_ch} = Q_{req_tot_ar_ch}^{gen,gr}(h) \quad (990)$$

$$Q_{rest_ch} = Q_{req_tot_ar_ch}^{gen,gr}(h) \quad (991)$$

- **ETAPE 2** : appel des générateurs en cascade selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction}^{gnr} = 1 \quad (992)$$

- **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) :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(3;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \times \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{effecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ R_{fonct_ecs}^{gnr}(h) += R_{fonct_ecs} \end{array} \right.$$

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

$$\left[\begin{array}{c} Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ \dots \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \dots \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{array} \right] = AppelGénérateur \left(\left[\begin{array}{c} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}^{gnr}(h) \\ Q_{req} \\ R_{pui_dispo} \\ i_{fonction}^{gnr} \\ i_{ecs_seule} \end{array} \right] \right)$$

Post-traitement du générateur (partie chauffage) :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) += Q_{cef(1;en)} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ecs}^{gnr}(h) += Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \times \tau_{charge} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux} \\ \eta_{effecs}^{gnr}(h) += \eta_{eff} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \end{array} \right.$$

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

$$\begin{aligned} Q_{rep_ch}^{gen,gr}(h) &= Q_{rest_ch} \\ Q_{rep_ecs}^{gen,gr}(h) &= Q_{rest_ecs} \end{aligned} \quad (993)$$

8.16.3.8 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 $gnr = 1$ à N associés à la source amont SA

$$[W_{aux,am}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} = CalculAuxAmont^{SA} \left([\tau_{charge}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} \right) \quad (994)$$

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.

$$W_{aux}^{gnr,gr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (995)$$

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,

$$Q_{cef(2;50)}^{gnr}(h) += \left[1 - \frac{R_{font_ecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \right] \times W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

$$Q_{cef(3;50)}^{gnr}(h) += \frac{R_{font_ecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \times W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (996)$$

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,

$$Q_{cef(1;50)}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

8.16.3.9 Post traitement

8.16.3.9.1 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 120).

La consommation du réchauffeur de boucle de la distribution intergroupe d'ECS est ajoutée dans la matrice de consommation de la génération.

$$Q_{cef(po.;en.)}^{gen}(h) = \sum_{gnr \in gen} Q_{cef(po.;en.)}^{gnr}(h) \quad (997)$$

$$Q_{cef(3;50)}^{gen}(h) += \sum_{dp-e \in gen} W_{rechauffe}^{dp-e}(h) \quad (998)$$

Les pertes vers la génération et la production totale d'électricité (cogénération) sont sommées sur les générateurs :

$$\begin{cases} \phi_{vc_tot}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} \phi_{vc}^{gnr}(h) + \sum_{sto \in gen} \phi_{vc}^{sto}(h) \\ Q_{prelec_tot}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} Q_{prelec}^{gnr}(h) \end{cases} \quad (999)$$

8.16.3.9.2 *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,

$$Nb_{soudim_ch}(h) = Nb_{soudim_ch}(h - 1) + 1 \quad (1000)$$

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,

$$id_{soudim_court_ch}^{gnr} = 1 \quad (1001)$$

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,

$$id_{soudim_long_ch}^{gnr} = 1 \quad (1002)$$

8.16.3.9.3 *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,

$$Nb_{soudim_fr}(h) = Nb_{soudim_fr}(h - 1) + 1 \quad (1003)$$

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,

$$id_{soudim_court_fr}^{gnr} = 1 \quad (1004)$$

À partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

Si $Nb_{sousedim_fr}(h) > 72$, alors,

$id_{sousedim_long_fr}^{gnr} = 1$

(1005)

Version du 04/08/20

8.17 C GEN Générateur direct à effet joule

8.17.1 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.

8.17.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 121 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 121 : Nomenclature du modèle

8.17.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.17.3.1 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.

8.17.3.2 Calcul en chauffage

8.17.3.2.1 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 :

$$\begin{aligned}\eta_{gnr} &= 1 \\ W_{aux,pro} &= 0 \text{ (Wh)} \\ \Phi_{threcact} &= 0 \text{ (Wh)}\end{aligned}\tag{1006}$$

8.17.3.2.2 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 :

$$P_{max} = P_{ngen}\tag{1007}$$

8.17.3.2.3 Calcul de la consommation, des pertes vers l'ambiance et de l'énergie reportée

$$\begin{aligned}Q_{fou} &= \text{MIN}(Q_{req}; P_{max}) \\ Q_{cons} &= Q_{fou}\end{aligned}\tag{1008}$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{cons}\tag{1009}$$

$$\tau_{charge} = \frac{Q_{fou}}{P_{max}}\tag{1010}$$

$$\Phi_{vc} = 0 \text{ (Wh)}\tag{1011}$$

8.17.3.3 Calcul en ECS

Le calcul est identique à celui en chauffage (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

On rajoute le calcul du ratio de fonctionnement en ECS :

$$R_{fonctecs} = \tau_{charge}\tag{1012}$$

8.17.3.4 *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 ».

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 122: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef} (poste;énergie)\}$

Version du 04/08/20

8.18 **C GEN Chaudières gaz fioul bois**

8.18.1 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,

Version du 04/08/20

8.18.2 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 génération	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 : Permanent, 1 : Avec isolement	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						
Générateurs	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf
	id_{type}	Type du générateur.	Ent	1	1000	Voir Tableau 124
	$Id_{\text{fou_gen}}$	Fonction du générateur.	Menu	1	5	
rendements Performances	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_Chaudiere_Bois	Type de chargement de la chaudière bois : 0) <i>Chargement manuel, tirage naturel</i> 1) <i>Chargement manuel, air pulsé</i> 2) <i>Chargement automatique, tirage naturel</i> 3) <i>Chargement automatique, air pulsé</i>	Menu	0	3	-
	Q_po_30	Pertes thermiques en régime stabilisé pour un ΔT de 30°C	W	0	$+\infty$	-
	id_pertes_parois	Indicateur pour la prise en compte des pertes par les parois à l'arrêt. Voir Tableau 130.	Menu	1	3	-
	p_Qp.g_arret	Part des pertes par les parois du générateur à l'arrêt (conventionnel).	Réel	0	1	Voir Tableau 130 et Tableau 131
	p_Qp.g_fonct	Part des pertes par les parois du générateur en fonctionnement (conventionnel).	Réel	0	1	

Sorties

Nom	Description	Unité			
id_fluide_aval	Type de fluide caloporteur : 1 : eau, 2 : air ambiant.	Ent	1	2	
id_engen	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
$\{Q_{ceff(fo.;en.)}\}(h)$	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			

$Q_{fou}(h)$	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 125
$c1 \text{ à } c10, n$	Coefficients pour la détermination des valeurs par défaut des chaudières gaz, fioul et bois	Réel	Voir §8.18.3.1.4
t_h	Durée d'un pas de temps de simulation	h	1

Tableau 123 : Nomenclature du modèle

8.18.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.18.3.1 Calculs en préprocesseur

8.18.3.1.1 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 124: 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 à 15% d'humidité et avec une teneur en hydrogène moyen de 6%	40	1,08

Tableau 125: 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).

8.18.3.1.2 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.

8.18.3.1.3 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 (2015-09-26) : Chaudières de chauffage central utilisant les combustibles gazeux - Partie 1 : exigences générales et essais NF EN 303-7 (2006-12-01) 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 (2017-11-01) : Chaudières de chauffage - Règles d'essai pour les chaudières pour brûleurs à fioul à pulvérisation
Chaudière bois	NF EN 12809 (2002-05-01) : 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 (2007-12-01)) NF EN 303-5 (2012-11-01) : 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 126: 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 126.

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 126.

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 §8.18.3.1.4 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 §8.18.3.1.4 ci-dessous).

Même chose pour les puissances électriques absorbées par les auxiliaires W_{veille} , W_{aux_nom} et W_{aut_int} .

8.18.3.1.4 Valeurs par défaut

Rendements à pleine charge et charge intermédiaire :

$$R_{pn} = \frac{c1 + c2 \cdot \log(P_{ngen})}{100 \cdot PCSI} \quad (1013)$$

$$R_{pint} = \frac{c3 + c4 \cdot \log(P_{ngen})}{100 \cdot PCSI} \quad (1014)$$

Pertes thermiques en régime stabilisé (en W) :

$$Q_{po_30} = 1000 \cdot c5 \cdot (P_{ngen})^{c6} \cdot P_{ngen} \quad (1015)$$

Les coefficients $c1$ à $c6$ sont définis selon la catégorie de générateur dans le tableau ci-dessous :

	Chaudière gaz ou fioul avec $P_{ngen} \leq 400 \text{ kW}$	Chaudière gaz ou fioul avec $P_{ngen} > 400 \text{ kW}$	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 127 : valeurs par défaut des chaudières gaz et fioul, coefficients $c1$ à $c6$

Puissances électriques absorbées par défaut :

$$W_{veille} = 20,0 \quad (\text{W}) \quad (1016)$$

$$W_{aux_nom} = c7 + c8 \cdot (P_{ngen})^n \quad (1017)$$

$$W_{aux_int} = c9 + c10 \cdot (P_{int})^n \quad (1018)$$

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 128: 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).

Version du 04/08/20

8.18.3.2 Calcul au pas de temps horaire

A chaque pas de temps, le présent algorithme calcule les consommations d'énergie associée au fonctionnement de la chaudière par rapport à une quantité d'énergie requise $Q_{req}(h)$ et une température aval de fonctionnement $\theta_{aval}(h)$.

8.18.3.2.1 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 :

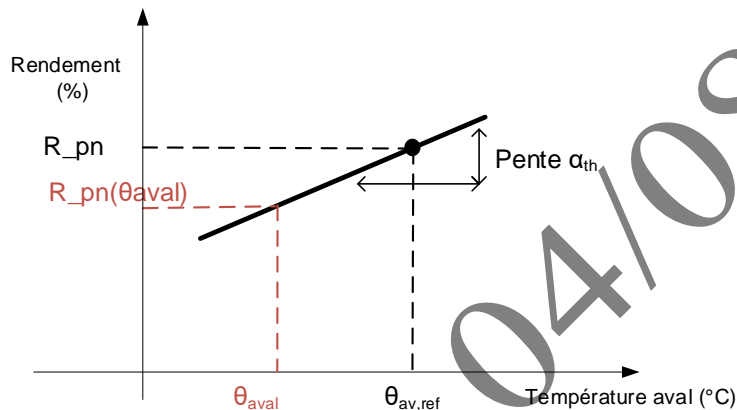


Figure 107: principe de la correction de rendement en fonction de la température aval

Ainsi :

$$R_{pn}(\theta_{aval}) = R_{pn} + \alpha_{th,nom} \cdot (\theta_{av,ref,nom} - \theta_{aval}) \quad (\text{en } \%) \quad (1019)$$

$$R_{pint}(\theta_{aval}) = R_{pint} + \alpha_{th,int} \cdot (\theta_{av,ref,int} - \theta_{aval}) \quad (\text{en } \%) \quad (1020)$$

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 129: 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 :

$$\phi_{thstab}(\theta_{aval}) = \text{MAX} \left[0,0 ; Q_{po_30} \cdot \left(\frac{\theta_{aval} - \theta_{amb}(h)}{30^\circ\text{C}} \right)^{1,25} \right] \quad (\text{en W}) \quad (1021)$$

8.18.3.3 Service ECS

8.18.3.3.1 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 :

$$Q_{fou,ECS}(h) = MIN \left(P_{th,nom,ecs}(h) \cdot t_h; \frac{Q_{req,ECS}(h)}{R_{dim}} \right) \text{ (en Wh)} \quad (1022)$$

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 :

$$P_{th,nom,ecs}(h) = 1000 \cdot \frac{R_{pn}(\theta_{aval,cr_ecs}(h))}{R_{pn}} \cdot P_{ngen} \quad (1023)$$

Et $\theta_{aval,cr_ecs}(h)$ la température aval prenant en compte les limites de fonctionnement du générateur en ECS :

$$\theta_{aval,cr_ecs}(h) = MAX(\theta_{aval,ecs}(h); \theta_{aval,min}) \quad (1024)$$

Calcul de la part d'énergie fournie pour le poste ECS (utilisée dans le cas double service) :

$$R_{fonct,ECS}(h) = \frac{Q_{fou,ECS}(h)}{P_{th,nom,ecs}(h) \cdot t_h} \quad (1025)$$

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 :

$$Q_{rest,ECS}(h) = Q_{req,ECS}(h) - Q_{fou,ECS}(h) \text{ (en Wh)} \quad (1026)$$

8.18.3.3.2 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 proposées au §8.18.3.2.1.

Le calcul est détaillé ci-dessous avec l'exemple du poste ECS :

A charge intermédiaire :

$$P_{th,int,ecs}(h) = 1000 \cdot \frac{R_{pint}(\theta_{aval,cr_ecs}(h))}{R_{pint}} \cdot P_{int} \quad (1027)$$

$$\phi_{pertes,int,ecs}(h) = \left(\frac{100\%}{R_{pint}(\theta_{aval,cr_ecs}(h))} - 1 \right) \cdot P_{th,int,ecs}(h) \quad (1028)$$

A charge nominale :

$$\phi_{pertes,nom}(h) = \left(\frac{100\%}{R_{pn}(\theta_{aval,cr_ecs}(h))} - 1 \right) \cdot P_{th,nom}(h) \quad (1029)$$

8.18.3.3.3 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 :

$$Q_{pertes,ecs}(h) = R_{fonct,ECS}(h-1) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr_ecs}(h-1)) \cdot t_h \quad (1030)$$

Et, par ailleurs :

$$Q_{cons,ecs}(h) = Q_{pertes,ecs}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1031)$$

$$W_{aux,ecs}(h) = P_{auxveille} \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1032)$$

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 :

$$Q_{pertes,ecs}(h) = (fx \cdot \phi_{pertes,int}(h) + (1 - fx) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr_ecs}(h))) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1033)$$

$$W_{aux,ecs}(h) = (fx \cdot W_{aux_min} + (1 - fx) \cdot W_{veille}) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1034)$$

Avec fx, facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{Q_{fou,ecs}(h)}{P_{th,int,ecs}(h) \cdot t_h} \quad (1035)$$

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 :

$$Q_{pertes,ecs}(h) = (fx \cdot \phi_{pertes,nom}(h) + (1 - fx) \cdot \phi_{pertes,int}(h)) \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1036)$$

$$W_{aux_ecs}(h) = (fx \cdot W_{aux_min} + (1 - fx) \cdot W_{veille}) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1037)$$

Avec fx, facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{Q_{fou,ecs}(h) - P_{th,int,ecs}(h) \cdot t_h}{(P_{th,nom,ecs}(h) - P_{th,int,ecs}(h)) \cdot t_h} \quad (1038)$$

Calcul de la quantité d'énergie équivalente en combustible principal consommée par la chaudière, ramenée au Pouvoir Calorifique Inférieur :

$$Q_{cons,ecs}(h) = \frac{Q_{fou,ecs}(h) + Q_{pertes,ecs}(h)}{PCSI} \quad (1039)$$

8.18.3.4 *Service chauffage*

8.18.3.4.1 *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 :

$$Q_{fou,CH}(h) = MIN \left(R_{puisdispo}(h) \cdot P_{th,nom,ch}(h) \cdot t_h ; \frac{Q_{req,CH}(h)}{R_{dim}} \right) \text{ (en Wh)} \quad (1040)$$

$P_{th,nom,ch}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation ci-dessous à partir de la température aval propre au mode chauffage :

$$P_{th,nom,ch}(h) = 1000 \cdot \frac{R_{pn}(\theta_{aval,cr_ch}(h))}{R_{pn}} \cdot P_{ngen} \quad (1041)$$

$R_{puisdispo}$ est le ratio de puissance disponible pour le poste chauffage :

$$R_{puisdispo}(h) = 1,0 - R_{fonct,ecs}(h) \quad (1042)$$

On calcule également le taux de charge relatif pour le poste chauffage :

$$\tau_{charge_ch}(h) = \frac{Q_{fou,CH}(h)}{R_{puisdispo}(h) \cdot P_{max,ch}(h)} \quad (1043)$$

Calcul de la quantité d'énergie restant $Q_{rest}(h)$ à fournir par la génération pour le poste chauffage au pas de temps h :

$$Q_{rest,CH}(h) = Q_{req,CH}(h) - Q_{fou,CH}(h) \text{ (en Wh)} \quad (1044)$$

8.18.3.4.2 *Calcul des pertes thermiques à pleine charge et charge intermédiaire en chauffage*

Le calcul est identique à celui réalisé pour l'ECS au §8.18.3.3.2 (en remplaçant les indices ecs par ch).

8.18.3.4.3 *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) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = R_{puisdispo}(h) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr_ecs}(h)) \cdot t_h \quad (1045)$$

Sinon si $Q_{fouch}(h-1) > 0 \text{ Wh}$ (le générateur a fonctionné en dernier en chauffage au pas de temps précédent) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = R_{puisdispo}(h) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr_ch}(h-1)) \cdot t_h \quad (1046)$$

Sinon, si $Q_{fouecs}(h-1) > 0 \text{ Wh}$ (le générateur a fonctionné en dernier en ECS au pas de temps précédent) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = R_{fonct,ecs}(h-1) \cdot \phi_{thstab}(\theta_{aval,cr_ecs}(h-1)) \cdot t_h \quad (1047)$$

Sinon (le générateur n'a pas fonctionné ni au pas de temps h, ni au pas de temps h-1) :

$$Q_{pertes,ch}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (1048)$$

Par ailleurs :

$$Q_{cons,ch}(h) = Q_{pertes,ch}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1049)$$

$$W_{aux,ch}(h) = P_{aux,veille} \cdot t_h \quad (\text{en Wh}) \quad (1050)$$

Sinon, le reste du calcul identique à celui réalisé pour l'ECS au §8.18.3.3.3 (en remplaçant les indices ecs par ch).

8.18.3.5 *Sorties cumulées des postes chauffage et ECS*

A l'issue du calcul des services ECS et chauffage, des sorties communes sont produites :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou,CH}(h) + Q_{fou,ECS}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1051)$$

$$Q_{cons}(h) = Q_{cons,CH}(h) + Q_{cons,ECS}(h) \quad (1052)$$

$$W_{auxpro}(h) = W_{aux,ecs}(h) + W_{aux,ch}(h) \quad (1053)$$

$$Q_{pertes}(h) = Q_{pertes,ch}(h) + Q_{pertes,ecs}(h) \quad (1054)$$

$$\tau_{charge}(h) = R_{fonctecs}(h) + R_{puisdispo}(h) \cdot \tau_{charge_ch}(h) \quad (1055)$$

$$P_{\max}(h) = R_{fonctecs}(h) \cdot P_{\max,ecs}(h) + R_{puisdispo}(h) \cdot P_{\max,ch}(h) \quad (1056)$$

Calcul du rendement effectif du générateur :

$$\eta_{eff}(h) = \frac{Q_{fou}(h)}{Q_{cons}(h)} \quad (1057)$$

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 :

$$\begin{aligned} Q_{cef(ecs;id_{engen})}(h) &= Q_{cons,ecs}(h) \\ Q_{cef(ecs;élec.)}(h) &= W_{aux,pro,ecs}(h) \\ Q_{cef(ch;id_{engen})}(h) &= Q_{cons,ch}(h) \\ Q_{cef(ch;élec.)}(h) &= W_{aux,pro,ch}(h) \end{aligned} \quad (1058)$$

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.

8.18.3.6 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 130: 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 131 : 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,

$$\varphi_{vc}(h) = id_{posgen} \cdot (p_{Qpg, fonct} \cdot Q_{pertes}(h) + W_{aux,pro}(h)) \quad (Wh) \quad (1059)$$

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.

Version du 04/08/20

8.19 C GEN AUTRES GENERATEURS A COMBUSTION

8.19.1 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

8.19.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 132 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 124
	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 ambient</i> .	Ent	1	2	
Performances	P_{ngen}	Puissance utile nominale du générateur	kW	0	+∞	-
	$\theta_{\text{fonct_max}}$	Température de fonctionnement maximale du générateur	°C	20	100	100
	$\theta_{\text{fonct_min}}$	Température de fonctionnement minimale du générateur	°C	20	100	30

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 130.	Ent	1	3	Voir Tableau 130 et Tableau 131
$p_{Qp.g_arret}$	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
$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	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	-	0	1.2	-

	100% de charge				
R_{pint}	Rendement sur PCI du g�nrateur 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 g�nrateur 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	-
$id_{a_fonctionne}(h)$	Indicateur de fonctionnement à charge non-nulle au pas de temps 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
$R_{fonctecs}(h-1)$	Temps de fonctionnement de l'ECS à charge maximale au pas de temps 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	-

Indicateurs de fonctionnement

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 138 et Tableau 139
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 132 : Nomenclature du modèle

8.19.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

8.19.3.1 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 $P_n < 5$ kW ; $P_n > 5$ kW avec ou sans ventilateur	103	10	1	2
Chauffe eau gaz : $P_n < 10$ kW ; $P_n > 10$ 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 133: 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 134: Valeur du coefficient PCSI en fonction du type de combustible

8.19.3.2 *Plage de température de fonctionnement*

8.19.3.2.1 *Température maximale de fonctionnement*

La température maximale de fonctionnement est prise conventionnellement égale à 100°C pour tous les générateurs à combustion.

8.19.3.2.2 *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 :

$$\theta_{aval_corr} = MAX(\theta_{aval}; \theta_{fonct_min}) \quad (1060)$$

8.19.3.3 *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 :

$$Si \frac{MAX(R_{pn}; R_{pint})}{PCS} \geq 1, \text{ alors,} \quad (1061)$$

Message d'erreur : « La saisie des performances du générateur à combustion conduit à des rendements sur PCS égaux ou supérieurs à l'unité ».

8.19.3.4 *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

$$R_{pn} = A + B \cdot \log P_n \quad (\%) \quad (1062)$$

$$R_{pint} = C + D \cdot \log P_n \quad (\%) \quad (1063)$$

$$Q_{p0} = P_n \cdot (E + F \cdot \log P_n) / 100 \quad (\text{kW}) \quad (1064)$$

$$P_{aux} = G + H \cdot P_n \quad (\text{W}) \quad (1065)$$

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			
$P_n > = 5$ kW sans ventilateur côté combustion	82			
$P_n > = 5$ 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 135: 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 136: 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 137: 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.

8.19.3.4.1 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 :

$$id_{a_fonctionne}(h) = 0 \quad (1066)$$

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).

Si $Q_{req} \neq 0$ (Wh), alors,

$$id_{a_fonctionne}(h) = id_{fonction} \quad (1067)$$

8.19.3.5 *Pertes à charge nulle des générateurs*

8.19.3.5.1 *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_{po30}). Elles sont ramenées à l'écart de température effectif :

$$Q_{P0} = \frac{100 \cdot Q_{PO30}}{R_{pn}} \cdot \left(\frac{\text{MAX}(0; \theta_{aval_corr} - \theta_{amb}(h))}{30} \right)^{1,25} \quad (Wh) \quad (1068)$$

8.19.3.5.2 *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 :

$$Q_{P0} = 0 \quad (Wh) \quad (1069)$$

8.19.3.6 *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.

8.19.3.6.1 *Générateurs d'air chaud ($id_{type} = 106, 107$)*

8.19.3.6.1.1 *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 :

$$R_{pn} = \text{Min} (0,8 \times R_{pn\text{decl}} , R_{pn\text{utile max}}) \quad (1070)$$

$R_{pn\text{decl}}$ étant la valeur déclarée par le fabricant, et $R_{pn\text{utile max}}$ étant égale à 86%.

Rendement à charge partielle :

$$R_{p\text{int}} = \text{Min} (0,8 \times R_{p\text{int decl}} , R_{p\text{int utile max}}), \quad (1071)$$

$R_{p\text{intdecl}}$ 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 8.19.3.4 sont retenues.

Ils ne sont pas modifiés en fonction de la température aval.

8.19.3.6.1.2 Puissance maximale d'un générateur d'air chaud

La puissance maximale est la suivante :

$$P_{max} = P_{ngen} \times 1000 (W) \quad (1072)$$

8.19.3.6.1.3 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).

8.19.3.6.1.4 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).

8.19.3.6.2 Radiateurs gaz, poêles et inserts gaz, tubes et panneaux radiants gaz ($id_{type} = 103, 108, 109$)

8.19.3.6.2.1 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 :

$$R_{pn} = \text{Min} (0,8 \times R_{pn\text{decl}} , R_{pn\text{utile max}}) \quad (1073)$$

R_{pndekl} étant la valeur déclarée par le fabricant, et $R_{pn\ utile\ max}$ étant égale à 86%.

- Par défaut, les valeurs indiquées dans le paragraphe 8.19.3.4 sont retenues.

Il n'est pas modifié en fonction de la température aval.

8.19.3.6.2.2 Puissance maximale

La puissance maximale est la suivante :

$$P_{max} = P_{ngen} \times 1000 \text{ (W)} \quad (1074)$$

8.19.3.6.2.3 Calcul de l'énergie fournie par le générateur

Le calcul est identique à celui des chaudières fioul ou gaz (voir fiche dédiée).

8.19.3.6.2.4 Pertes et rendement réel

Il n'y a pas de décomposition du calcul selon la charge.

Les pertes s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{Px} = f_{maj} \left(100 - \frac{R_{pn}}{PCSI} \right) \cdot \frac{Q_{fouact} \cdot PCSI}{R_{pn}} \text{ (W)} \quad (1075)$$

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 138: 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 139: 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 :

$$\eta_{eff} \% = \frac{Q_{fouact}}{Q_{fouact} + Q_{Px}} \times 100 \times PCSI \quad (\%) \quad (1076)$$

8.19.3.6.3 Débit calorifique sur PCI

Pour l'ensemble des générateurs, le débit calorifique sur PCI au point de fonctionnement est donné par :

$$Q_{consact} = \frac{Q_{fouact}}{\eta_{eff_ \%}} \times 100 \text{ (Wh)} \quad (1077)$$

Ce débit calorifique correspond à la consommation énergétique en mode chauffage au pas de temps considéré.

8.19.3.6.4 *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:

$$W_{auxact} = R_{puis_dispo} \times [\tau_{charge} \times (W_{aux,nom} - W_{veille}) + W_{veille}] \text{ (Wh)} \quad (1078)$$

Des valeurs par défaut de puissances sont données dans le paragraphe 8.19.3.4.

8.19.3.7 *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.

8.19.3.7.1 *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 8.19.3.4 sont retenues.

$$\eta_{eff_ \%} = R_{pn} \text{ (\%)} \quad (1079)$$

$$P_{max} = P_{ngen} \text{ (W)} \quad (1080)$$

8.19.3.7.2 *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 :

$$Q_{reqact} = \frac{Q_{req}}{R_{dim}} \quad (Wh) \quad (1081)$$

L'énergie fournie dépend du ratio de puissance disponible, dépendant d'un éventuel fonctionnement en ECS au pas de temps actuel :

$$Q_{fouact} = MIN(Q_{reqact}, P_{max}) \quad (Wh) \quad (1082)$$

Le taux de charge du générateur est calculé de la manière suivant :

$$\tau_{charge} = \frac{Q_{fouact}}{P_{max}} \quad (-) \quad (1083)$$

8.19.3.7.3 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.

$$R_{fonctecs} = \tau_{charge} \quad (-) \quad (1084)$$

8.19.3.7.4 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 8.19.3.5 ou 8.19.3.8).

Les pertes totales sont donc les suivantes :

$$Q_{PX} = (100 - \frac{\eta_{eff_ \%}}{PCSI}) \times \frac{Q_{fouact} \times PCSI}{\eta_{eff_ \%}} + id_{ECS_seule} \cdot (1 - R_{fonctecs}) \cdot Q_{P0} \quad (1085)$$

8.19.3.7.5 Consommation du générateur en ECS

La consommation d'énergie du générateur est la somme de l'énergie fournie et des pertes totales :

$$Q_{consact} = \frac{Q_{fouact}}{\eta_{eff_ \%}} + id_{ECS_seule} \cdot (1 - R_{fonctecs}) \cdot Q_{P0} \quad (Wh) \quad (1086)$$

8.19.3.7.6 Consommations d'auxiliaires

La consommation des auxiliaires correspond à un fonctionnement nominal au prorata de la demande :

$$W_{auxact} = R_{fonctecs} \times W_{aux,nom} + id_{ECS_seule} \cdot (1 - R_{fonctecs}) \cdot W_{veille} \quad (Wh) \quad (1087)$$

8.19.3.8 Générateur à l'arrêt ($Q_{req} = 0 Wh$)

Les pertes et consommations du générateur à l'arrêt dépendent du fonctionnement au pas de temps précédent.

$$Q_{fouact} = 0 \quad (Wh) \quad (1088)$$

$$Q_{rest} = 0 \quad (Wh) \quad (1089)$$

$$T_{charge} = 0 \quad (Wh) \quad (1090)$$

8.19.3.8.1 *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,

$$Q_{PX} = R_{puis_dispo} \cdot MAX(Q_{P0}; Q_{P0prev}) \quad (Wh) \quad (1091)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = R_{puis_dispo} \cdot Q_{P0}$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1092)$$

$$\eta_{eff\%} = 0 \quad (Wh) \quad (1093)$$

- 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,

$$Q_{PX} = R_{fonctecs}(h-1) \cdot Q_{P0prev} \quad (Wh) \quad (1094)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = 0 \quad (Wh)$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1095)$$

$$\eta_{eff\%} = 0 \quad (1096)$$

La consommation d'auxiliaires est quant à elle égale à la consommation en mode veille et ce dans tous les cas :

$$W_{auxact} = R_{puis_dispo} \cdot W_{veille} \quad (Wh) \quad (1097)$$

8.19.3.8.2 *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,

$$Q_{PX} = MAX(Q_{P0}; Q_{P0_{prev}}) \quad (Wh) \quad (1098)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = Q_{P0}$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1099)$$

$$\eta_{eff_ \%} = 0 \quad (Wh) \quad (1100)$$

- 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,

$$Q_{PX} = R_{fonctecs}(h - 1) \cdot Q_{P0_{prev}} \quad (Wh) \quad (1101)$$

Sinon,

$$Q_{PX} = 0 \quad (Wh)$$

$$Q_{consact} = Q_{PX} \quad (Wh) \quad (1102)$$

$$\eta_{eff_ \%} = 0 \quad (1103)$$

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,

$$W_{auxact} = W_{veille} \quad (Wh) \quad (1104)$$

8.19.3.9 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 140: 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 141 : part des pertes par les parois du générateur en fonctionnement

Au final, pour un générateur :

Si $id_{a.fonctionne}(h) > 0$, alors,

$$\varphi_{threack} = id_{pos_gen} \times (Q_{PX} \times p_{Qp.g.fonct} + W_{auxact}) \quad (Wh) \quad (1105)$$

Sinon,

$$\varphi_{threack} = id_{pos_gen} \times (Q_{PX} \times p_{Qp.g.arret} + W_{auxact})$$

8.19.3.10 Calcul du Q_{p0prev}

Si $Q_{req} > 0$, alors,

$$Q_{p0prev} = Q_{p0} \quad (1106)$$

8.19.3.11 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 142: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef(po;én)}(h)\}$

La consommation totale dans le cas d'un ensemble de générateurs identiques est :

$$Q_{cons} = Q_{consact} \times R_{dim} \quad (Wh) \quad (1107)$$

$$W_{aux,pro} = W_{auxact} \times R_{dim} \quad (1108)$$

$$Q_{cef(idfonction;id_engen)} = Q_{cons}$$

Puis, faire :

$$Q_{cef(idfonction;50)} = Q_{cef(idfonction;50)} + W_{aux,pro}$$

(1109)

L'énergie totale fournie par l'ensemble des générateurs identiques est :

$$Q_{fou} = Q_{fousact} \times R_{dim} \quad (Wh) \quad (1110)$$

Les pertes thermiques vers l'ambiance sont ramenées au nombre total de générateurs à combustion identiques :

$$\Phi_{vc} = R_{dim} \times \Phi_{t_{react}} \quad (Wh) \quad (1111)$$

L'énergie restant à fournir est la suivante:

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou} \quad (Wh) \quad (1112)$$

Pour finir, le rendement du générateur est converti en réel :

$$\eta_{eff} = \frac{\eta_{eff_ \%}}{100} \quad (-) \quad (1113)$$

Version du 04/08/20

8.20 C GEN système de cogénération

8.20.1 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.

8.20.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 143 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

id_{pos_gen}

Position de la génération :

1 : En volume chauffé,

0 : Hors volume chauffé.

Ent

0

1

Paramètres utilisateurs

Nom	Description	Unité	Min	Max	Valeur par défaut ?
id_{fougen}	Fonction du générateur 1 : chauffage seul, 3 : ECS seule, 4 : chauffage et ECS	Ent	1	6	Non
$type_combustible$	Type de combustible du générateur : 0 : gaz naturel, 1 : GPL, 2 : fioul domestique 3 : bois bûches 4 : bois granulés 5 : bois plaquettes	Ent	0	5	Non
$ind_condensation$	Indicateur de micro-cogénérateur à condensation : 0 : micro-cogénérateur standard 1 : micro-cogénérateur à condensation	Ent	0	1	Oui
$type_chp$	Type de micro-cogénérateur : 0 : moteur à combustion interne, 1 : moteur Stirling, 2 : micro-turbine	Ent	0	2	Non
id_{app_inte}	Présence d'un appoint intégré de type brûleur : 0 : Non 1 : Oui	Bool	0	1	Non
$P_{th,chp_100+sup_100,nom}$	Puissance thermique nominale, à 100% de charge du générateur CHP et 100% de charge de l'appoint intégré	kW	0	70	Non
$type_valeur_Pw_{aux,chp_100+sup_100}$	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
$Statut_chp100sup100$	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
$Pw_{aux,chp_100+sup_100}$	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	$+\infty$	Oui

Cogénérateur seul	$\eta_{th;chp_100+sup_100,nom}$	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
	$Statut_chp100sup0$	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
	$Pw_{aux,chp_100+sup_0}$	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
	$Statut_Pth_chp_min$	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
	$Statut_Phi_th_stab_30$	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
A l'arrêt	$\phi_{th,stab,30}$	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
	$Statut_Pw_aux_veille$	Statut de la donnée de puissance électrique absorbée en mode veille ($Pw_{aux,veille}$) : 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur mesurée	Ent	0	1	Non
	$Pw_{aux,veille}$	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 145

$PCSI$	Valeur de PCSI adoptée pour le calcul	réel	Voir Tableau 145
α_{th} α_{el}	Coefficients de correction du rendement thermique et électrique en fonction de la température aval	réel	Voir Tableau 146
$\theta_{av,ref,chp100+sup0}$	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 146
$\theta_{av,ref,chp100+sup100}$	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 146
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
$\{Q_{cefffo,;en,}\}(h)$	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
$Q_{jou}(h)$	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 145</i>
t_h	Durée d'un pas de temps de simulation	h	1

Tableau 144 : Nomenclature du modèle

8.20.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.20.3.1 Informations générales et pré-processeurs

8.20.3.1.1 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	1,3
5 : Bois granulés	40	1,3
6 : Bois plaquettes	40	1,3

Tableau 145: 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%.

8.20.3.1.2 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 146: 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 146. Elle dépend de la présence ou non d'un appoint intégré :

- Cas sans appoint intégré :

$$P_{ngen} = P_{th;chp_{100}+sup_0} \quad (1114)$$

- Cas avec appoint brûleur intégré :

$$P_{ngen} = P_{th;chp_{100}+sup_{100}} \quad (1115)$$

8.20.3.1.3 *Prise en compte des statuts de données*

Les données de performance des 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 :

- $\eta_{th,chp_{100}+sup_0,nom}$ (%), $\eta_{el,chp_{100}+sup_0,nom}$ (%) et $P_{W_{aux,chp_{100}+sup_0}}$ (kW), dont le statut est géré à partir de la valeur de *Statut_chp100sup0*,
- $\eta_{th,chp_{100}+sup_{100},nom}$ (%), $\eta_{el,chp_{100}+sup_{100},nom}$ (%) et $P_{W_{aux,chp_{100}+sup_{100}}}$ (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 147 et Tableau 148 multipliées par un facteur 0,8.

Les puissances électriques absorbées sont prises égales aux valeurs utiles maximales des Tableau 147 et Tableau 148 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 147 et Tableau 148.

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 147 et Tableau 148.

- **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 147: 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 :

$$fx = \frac{P_{th, chp100+sup0}}{P_{th, chp100+sup100}} \quad (1116)$$

$$\eta_{th, chp100+sup100, nom} = \frac{1}{\frac{fx}{\eta_{th, chp100+sup0, nom}} + \frac{1-fx}{90\%}} \quad (1117)$$

$$\eta_{el, chp100+sup100, nom} = fx \cdot \eta_{el, chp100+sup0, nom} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup100, nom}}{\eta_{th, chp100+sup0, nom}} \quad (1118)$$

$$Pw_{aux, chp100+sup100} = \frac{45}{1000} \cdot (P_{th, chp100+sup100})^{0,48} \quad (1119)$$

Tableau 148: 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, on propose les valeurs par défaut du 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		
$P_{th, chp_min} (kW)$	$60\% \cdot P_{th; chp100+sup0}$			
$\phi_{th, stab, 30} (W)$	$Si id_{app_inte} = 0 : 1000.4,25\% \cdot \frac{P_{th; chp100+sup0}}{(P_{th; chp100+sup0})^{0,4}}$ $Si id_{app_inte} = 1 : 1000.4,25\% \cdot \frac{P_{th; chp100+sup100}}{(P_{th; chp100+sup100})^{0,4}}$			
$Pw_{aux, veille} (W)$	15 W			

Tableau 149: Valeur par défaut des paramètres de caractérisation de la charge partielle ou nulle

8.20.3.2 Déroulement du calcul au pas de temps horaire

8.20.3.2.1 Correction des rendements nominaux en fonction de la température aval à 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 :

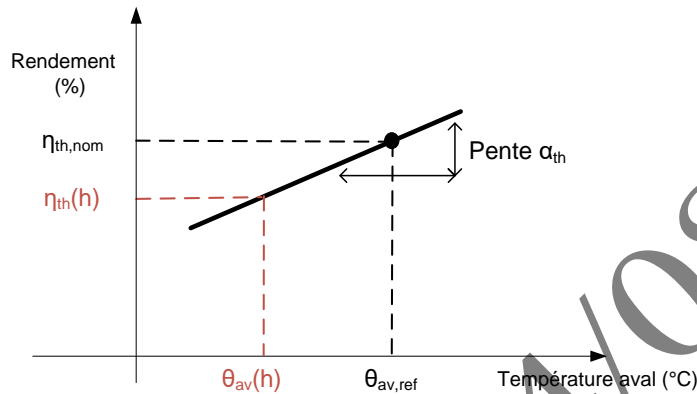


Figure 108: principe de la correction de rendement en fonction de la température aval

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 simultanée 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 :

$$\theta_{aval}(h) = \frac{Q_{req,ecs}(h) \cdot \theta_{aval,ecs}(h) + Q_{req,ch}(h) \cdot \theta_{aval,ch}(h)}{Q_{req,ecs}(h) + Q_{req,ch}(h)} \quad (1120)$$

Ainsi :

- Pour le module CHP seul :

$$\begin{aligned} \eta_{th,chp100+sup0}(h) &= \eta_{th,chp100+sup0,nom} \\ &+ \alpha_{th} \cdot (\theta_{av,ref,chp100+sup0} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1121)$$

$$\begin{aligned} \eta_{el,chp100+sup0}(h) &= \eta_{el,chp100+sup0,nom} \\ &+ \alpha_{el} \cdot (\theta_{av,ref,chp100+sup0} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1122)$$

- Pour le module CHP + l'appoint brûleur intégré :

$$\begin{aligned} \eta_{th,chp100+sup100}(h) &= \eta_{th,chp100+sup100,nom} \\ &+ \alpha_{th} \cdot (\theta_{av,ref,chp100+sup100} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%) \end{aligned} \quad (1123)$$

$$\begin{aligned}
\eta_{el, chp100+sup100}(h) &= \eta_{el, chp100+sup100, nom} \\
&+ \alpha_{el} \cdot (\theta_{av, ref, chp100+sup100} - \theta_{aval}(h)) \quad (\text{en } \%)
\end{aligned} \quad (1124)$$

Correction des pertes thermiques en régime stabilisé en fonction de la température aval au pas de temps h :

$$\phi_{thstab}(h) = MAX \left[0, 0 ; \phi_{thstab, 30} \cdot \left(\frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{amb}(h)}{30^\circ C} \right)^{1,25} \right] \quad (\text{en } W) \quad (1125)$$

Calcul de la puissance maximale du micro-cogénérateur au pas de temps h :

$$P_{max}(h) = 1000 \cdot P_{th, chp100+sup100} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup100}(h)}{\eta_{th, chp100+sup100, nom}} \quad (\text{en } W) \quad (1126)$$

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 :

$$P_{max, chp}(h) = 1000 \cdot P_{th, chp100+sup0} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup0}(h)}{\eta_{th, chp100+sup0, nom}} \quad (\text{en } W) \quad (1127)$$

$$P_{min, chp}(h) = 1000 \cdot P_{th, chp, min} \cdot \frac{\eta_{th, chp100+sup100}(h)}{\eta_{th, chp100+sup100, nom}} \quad (\text{en } W) \quad (1128)$$

8.20.3.2.2 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 :

$$Q_{fou, ECS}(h) = MIN \left(P_{max, ecs}(h) \cdot t_h ; \frac{Q_{req, ECS}(h)}{R_{dim}} \right) \quad (\text{en } Wh) \quad (1129)$$

$P_{max, ecs}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation (1126) 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) :

$$R_{fonct, ECS}(h) = \frac{Q_{fou, ECS}(h)}{P_{max}(h) \cdot t_h} \quad (1130)$$

Noté : 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 :

$$Q_{rest, ECS}(h) = Q_{req, ECS}(h) - Q_{fou, ECS}(h) \quad (\text{en } Wh) \quad (1131)$$

8.20.3.2.3 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 :

$$Q_{fou,CH}(h) = MIN \left(R_{puisdispo}(h) \cdot P_{max,ch}(h) \cdot t_h; \frac{Q_{req,CH}(h)}{R_{dim}} \right) \quad (en Wh) \quad (1132)$$

$P_{max,ch}(h)$ représente la puissance maximale calculée selon la relation (1126) à partir de la température aval du mode chauffage.

$R_{puis,dispo}$ est le ratio de puissance disponible pour le poste chauffage :

$$R_{puisdispo}(h) = 1,0 - R_{fonct,ecs}(h) \quad (1133)$$

On calcule également le taux de charge relatif pour le poste chauffage :

$$\tau_{charge_ch}(h) = \frac{Q_{fou,CH}(h)}{R_{puisdispo}(h) \cdot P_{max,ch}(h)} \quad (1134)$$

Calcul de la quantité d'énergie restant $Q_{rest}(h)$ à fournir par un appoint externe au micro-cogénérateur au pas de temps h :

$$Q_{rest,CH}(h) = Q_{req,CH}(h) - Q_{fou,CH}(h) \quad (en Wh) \quad (1135)$$

8.20.3.2.4 *Calcul des pertes thermiques, puissance électrique produite et absorbée a 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 $P_{chp,min}$:

$$\phi_{pertes, chp_min}(h) = \left(\frac{100\%}{\eta_{th, chp100+sup0}(h) + \eta_{el, chp100+sup0}(h)} - 1 \right) \cdot P_{min, chp}(h) \quad (en W) \quad (1136)$$

$$Pw_{prelec, chp_min}(h) = \frac{\eta_{el, chp100+sup0}(h)}{\eta_{th, chp100+sup0}(h)} \cdot P_{min, chp}(h) \quad (en W) \quad (1137)$$

$$Pw_{aux, chp_min}(h) = Pw_{aux, chp100+sup0} \cdot \frac{P_{min, chp}(h)}{P_{max, chp}(h)} \quad (en W) \quad (1138)$$

- $\phi_{pertes, chp100+sup0}$, $Pw_{prelec, chp100+sup0}$ 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 :

$$\phi_{pertes, chp100+sup0}(h) = \left(\frac{100\%}{\eta_{th, chp100+sup0}(h) + \eta_{el, chp100+sup0}(h)} - 1 \right) \cdot P_{max, chp}(h) \quad (en W) \quad (1139)$$

$$Pw_{prelec, chp100+sup0}(h) = \frac{\eta_{el, chp100+sup0}(h)}{\eta_{th, chp100+sup0}(h)} \cdot P_{max, chp}(h) \quad (en W) \quad (1140)$$

$Pw_{aux, chp100+sup0}$ est un paramètre directement défini par l'utilisateur.

- $\phi_{pertes, chp100+sup100}$, $Pw_{prelec, chp100+sup100}$ et $Pw_{aux, chp100+sup100}$ 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 :

$$\phi_{pertes, chp100+sup100}(h) = \left(\frac{100\%}{\eta_{th, chp100+sup100}(h) + \eta_{el, chp100+sup100}(h)} - 1 \right) \cdot P_{max}(h) \quad (1141)$$

$$Pw_{prelec, chp100+sup100}(h) = \frac{\eta_{el, chp100+sup100}(h)}{\eta_{th, chp100+sup100}(h)} \cdot P_{max}(h) \quad (\text{en W}) \quad (1142)$$

$Pw_{aux, chp100+sup100}$ est un paramètre directement défini par l'utilisateur.

8.20.3.2.5 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 $Q_{fou}(h)$, quantité d'énergie thermique totale par fournie le micro-cogénérateur au pas de temps h (Wh). Pour un micro-cogénérateur double service, $Q_{fou}(h)$ est la somme des quantités d'énergie fournies en chauffage et ECS :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou, CH}(h) + Q_{fou, ECS}(h) \quad (\text{en Wh}) \quad (1143)$$

$$\tau_{charge}(h) = R_{fonctecs}(h) + R_{puisdispo}(h) \cdot \tau_{charge_ch}(h) \quad (1144)$$

Si $\tau_{charge}(h) = 0$ Wh, alors le générateur est considéré à l'arrêt (voir §8.20.3.2.7). 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 §8.20.3.2.6).

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-instantanée).

Le temps d'allumage du micro-cogénérateur est supposé suffisamment inférieur à la durée du pas de temps pour pouvoir le négliger.

8.20.3.2.6 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 réglé 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.

$P_{\text{max, chp}}(h)$, $P_{\text{max, chp}}(h)$, $P_{\text{max}}(h)$ sont les puissances thermiques corrigées à la température moyenne $\theta_{\text{aval}}(h)$.

Cette logique est illustrée ci-dessous :

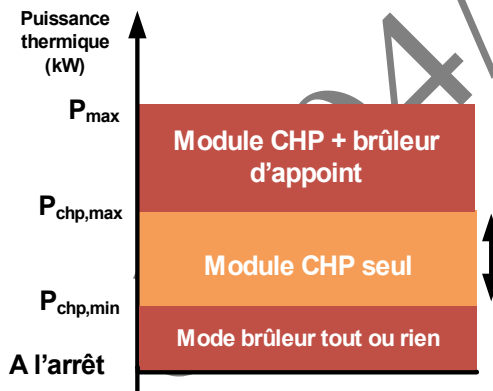


Figure 109: illustration des modes de fonctionnement du cogénérateur selon la puissance thermique moyenne fournie

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 :

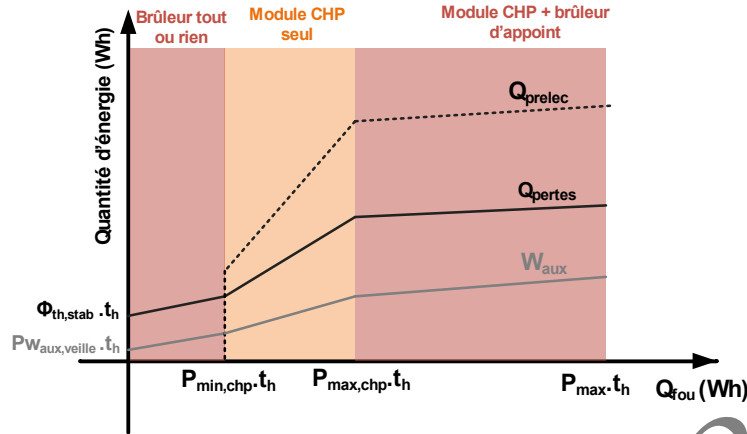


Figure 110: évolutions de Q_{pertes} , Q_{prelec} et W_{aux} entre les points de fonctionnement mesurés

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 :

$$Q_{pertes}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes,chp_min}(h) + (1 - fx)(\phi_{thstab}(h) + P_{veilleuse})) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1145)$$

$$Q_{prelec}(h) = 0 \text{ (en Wh)} \quad (1146)$$

$$W_{aux,pro}(h) = (fx \cdot Pw_{aux,chp_min}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{aux,veille}) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1147)$$

Avec fx , facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{P_{minchp}(h)}{P_{max}(h)} \cdot \tau_{charge}(h) \quad (1148)$$

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 :

$$Q_{pertes}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes,chp100+sup0}(h) + (1 - fx) \cdot \Phi_{pertes,chp_min}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1149)$$

$$Q_{prelec}(h) = (fx \cdot Pw_{prelec,chp100+sup0}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{prelec,chp,min}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1150)$$

$$W_{aux,pro}(h) = (fx \cdot Pw_{aux,chp100+sup0} + (1 - fx) \cdot Pw_{aux,chp,min}(h)) \cdot t_h \text{ (en Wh)} \quad (1151)$$

Avec fx , facteur d'interpolation :

$$fx = \frac{P_{maxchp}(h)}{P_{max}(h)} \cdot \tau_{charge}(h) \quad (1152)$$

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 :

$$Q_{pertes}(h) = (fx \cdot \Phi_{pertes, chp100+sup100}(h) + (1 - fx) \cdot \Phi_{pertes, chp100+sup0}(h)) \cdot t_h \quad (en Wh) \quad (1153)$$

$$Q_{prelec}(h) = (fx \cdot Pw_{prelec, chp100+sup100}(h) + (1 - fx) \cdot Pw_{prelec, chp100+sup0}(h)) \cdot t_h \quad (en Wh) \quad (1154)$$

$$W_{aux, pro}(h) = (fx \cdot Pw_{aux, chp100+sup100} + (1 - fx) \cdot Pw_{aux, chp100+sup0}) t_h \quad (en Wh) \quad (1155)$$

Avec fx , facteur d'interpolation :

$$fx = \tau_{charge}(h) \quad (1156)$$

Calcul de la quantité d'énergie équivalente en combustible principal consommée par le micro-cogénérateur (ramenée au Pouvoir Calorifique Inférieur) :

$$Q_{cons}(h) = \frac{Q_{fou}(h) + Q_{prelec}(h) + Q_{pertes}(h)}{PCSI} \quad (1157)$$

8.20.3.2.7 Bilan énergétique du micro-cogenerateur 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 :

$$Q_{fou}(h) = 0 \quad (en Wh) \quad (1158)$$

$$Q_{prelec}(h) = 0 \quad (en Wh) \quad (1159)$$

$$Q_{pertes}(h) = 0 \quad (en Wh) \quad (1160)$$

$$Q_{cons}(h) = (id_{raccordgnr} \cdot \phi_{thstab}(h)) \cdot t_h \quad (en Wh) \quad (1161)$$

$$W_{aux, pro}(h) = P_{aux, veille} \cdot t_h \quad (en Wh) \quad (1162)$$

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.

8.20.3.2.8 Sorties complémentaires

Calcul de la fraction récupérable de la quantité d'énergie échangée entre le générateur et l'ambiance dans lequel il est placé :

$$\phi_{vc}(h) = id_{posgen} \cdot f_{pa} \cdot (Q_{pertes}(h) + W_{aux, pro}(h)) \quad (en Wh) \quad (1163)$$

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 :

$$\eta_{eff}(h) = \frac{Q_{fou}(h)}{Q_{cons}(h)} \quad (1164)$$

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,

$$Q_{cef(ecs;id_{engen})}(h) = Q_{cons}(h) \cdot R_{fonct,ECs}(h) \quad (1165)$$

$$Q_{cef(ecs;elec.)}(h) = W_{aux,pro}(h) \cdot R_{fonct,ECs}(h)$$

$$Q_{cef(ch;id_{engen})}(h) = Q_{cons}(h) \cdot (1,0 - R_{fonct,ECs}(h))$$

$$Q_{cef(ch;elec.)}(h) = W_{aux,pro}(h) \cdot (1,0 - R_{fonct,ECs}(h))$$

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.

8.21 C GEN poêles et inserts

8.21.1 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.

8.21.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 150 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						
G/R de la génération	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 $Q_{req}(h)$ (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				
$\{Q_{ceff(fonct.;en.)}\}$	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
Φ_{threac}	Pertes thermiques effectives du générateur vers l'ambiance au pas de temps h.	Wh

Tableau 150 : Nomenclature du modèle

8.21.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.21.3.1 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 ($id_{fougen} = 1$).

8.21.3.1.1 Energie fournie par le générateur

L'énergie requise pour un poêle ou insert est la suivante :

$$Q_{reqact} = \frac{Q_{req}}{R_{dim}} \text{ (Wh)} \quad (1166)$$

L'énergie fournie est limitée par la puissance nominale de l'appareil au bois :

$$Q_{fouact} = \text{MIN}(Q_{reqact}; 1000.P_{ngen}) \text{ (Wh)} \quad (1167)$$

8.21.3.1.2 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 :

$$\tau_{charge} = \frac{Q_{fouact}}{1000.P_{ngen}} \quad (1168)$$

8.21.3.2 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, $Q_{H,sys,ls,100}$:

$$Q_{H,sys,ls,100} = \frac{(100 - \eta_{H,sys,n})}{\eta_{H,sys,n}} \cdot P_{ngen} \text{ (Wh)} \quad (1169)$$

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 :

$$Q_{H,sys,ls,0} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1170)$$

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 :

$$\phi_{threac} = \tau_{charge} \times Q_{H,sys,ls,100} + (1 - \tau_{charge}) \times Q_{H,sys,ls,0} \text{ (Wh)} \quad (1171)$$

8.21.3.3 Calcul de la consommation de l'appareil de chauffage

$$Q_{consact} = Q_{fouact} + \phi_{threac} \text{ (Wh)} \quad (1172)$$

8.21.3.4 *Calculs des sorties*

8.21.3.4.1 *Energie consommée et fournie*

$$Q_{fou} = R_{dim} \cdot Q_{fouact} \quad (Wh) \quad (1173)$$

$$Q_{cons} = R_{dim} \cdot Q_{consact} \quad (Wh) \quad (1174)$$

8.21.3.4.2 *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 :

$$W_{aux,pro} = R_{dim} \cdot \tau_{charge} \cdot P_{aux,vent} \quad (Wh) \quad (1175)$$

8.21.3.4.3 *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 :

$$\phi_{vc} = 0 \quad (Wh) \quad (1176)$$

8.21.3.4.4 *Calcul de l'efficacité de l'appareil de chauffage*

$$\eta_{eff} = \frac{Q_{fouact}}{Q_{consact}} \quad (1177)$$

8.21.3.4.5 *Calcul de l'énergie reportée*

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou} \quad (Wh) \quad (1178)$$

8.21.3.5 *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 ajoutée 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 151 : Matrice des consommations en énergies finales {Qcef(po;en)}

8.22 **C GEN THERMODYNAMIQUE Elec**

8.22.1 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.

8.22.2 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 : Non-réversible (chauffage ou refroidissement) Réversible (chauffage et refroidissement) ECS seule (en base de production-stockage) Double-service (en base de production-stockage) Triple-service (en base de production-stockage) Pour Cat_Thermo_Elec = Non-réversible, service assuré par le générateur :	-			
	Id_Fougen_Mod	1 : Chauffage 2 : Refroidissement	Ent	1	2	
	Sys_thermo_Ch	Technologie en mode chauffage : 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	Ent	1	9	
	Sys_thermo_Fr	Technologie en mode refroidissement : 1 : refroidisseur air extérieur / eau	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				
Sys_thermo_Ecs	3 : PAC air ambiant / eau	Ent	1	6	
	4 : PAC eau de nappe / eau				
	5 : PAC sol / eau				
	6 : PAC eau glycolée / eau				
M_θ_Aval_Ch	Valeurs de températures aval pour lesquelles les				
M_θ_Aval_Fr	COP (ou EER) et Pabs sont saisis :				
M_θ_Aval_Ecs	1 : θ _{av,pivot}	Ent	1	7	
	2 : 2 premières valeurs de θ _{av,i}				
	3 : etc...				
M_θ_Amont_Ch	Valeurs de températures aval pour lesquelles les				
M_θ_Amont_Fr	COP (ou EER) et Pabs sont saisis :				
M_θ_Amont_Ecs	1 : θ _{amont,pivot}	Ent	1	7	
	2 : 2 premières valeurs de θ _{amont,j}				
	3 : etc...				
Statut_données_PC_ch	Statut des performances à pleine charge				
Statut_données_PC_fr	renseignées en chauffage/en ECS :				
Statut_données_PC_ECS	1 : il existe des valeurs de performance certifiées	Ent	1	-	
	ou justifiées				
	2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée				
Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage					
{COR(i,j)} _{ch}	Matrice des statuts de données en mode chauffage :				
	1 : valeurs certifiées	{Ent}	1	2	
	2 : valeurs justifiées.				
{Performance(i,j)} _{ch}	Matrice des coefficients COP selon les				
	températures amont et aval en mode chauffage	{-}	0	+∞	
	(avant prétraitement)				
{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	Ent	1	2	-
	2 : valeur par défaut				
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	{Ent}	1	2	
	2 : valeurs justifiées.				
{Performance(i,j)} _{ecs}	Matrice des coefficients COP selon les				
	températures amont et aval en mode ECS (avant	{-}	0	+∞	
	prétraitement)				
{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	Ent	1	2	-
	2 : valeur par défaut				
Val_COP_ecs	Valeur de COP pivot déclarée en mode ECS (avant	-	0	+∞	-

Selon type de générateur
thermodynamique

	prétraitement)				
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 EERpivot_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 (« continu ») : 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 : <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. L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.	Wh

$\eta_{eff, ch}(h)$ $\eta_{eff, fr}(h)$ $\eta_{eff, ecs}(h)$	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			
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> <i>2 : air</i> <i>3 : sol</i>	Ent	1	3	
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>1 : eau</i> <i>2 : air</i> <i>3 : sol</i>	Ent	1	3	
id_{fougen}	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 _{req_act} (h)	Energie requise ramenée une machine parmi les R _{dim} identiques	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	

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 152 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

8.22.3 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.

8.22.3.1 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 153.

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 153.

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/IEC 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 153.

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 153.

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.

<i>Technologie</i>	<i>Mode</i>	<i>Norme de référence</i>
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 d'application « 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 d'application « Saisie des chauffe- eau thermodynamiques à compression électrique » :</i> NF EN 16147 NF EN 15879-1

Tableau 153 : 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.

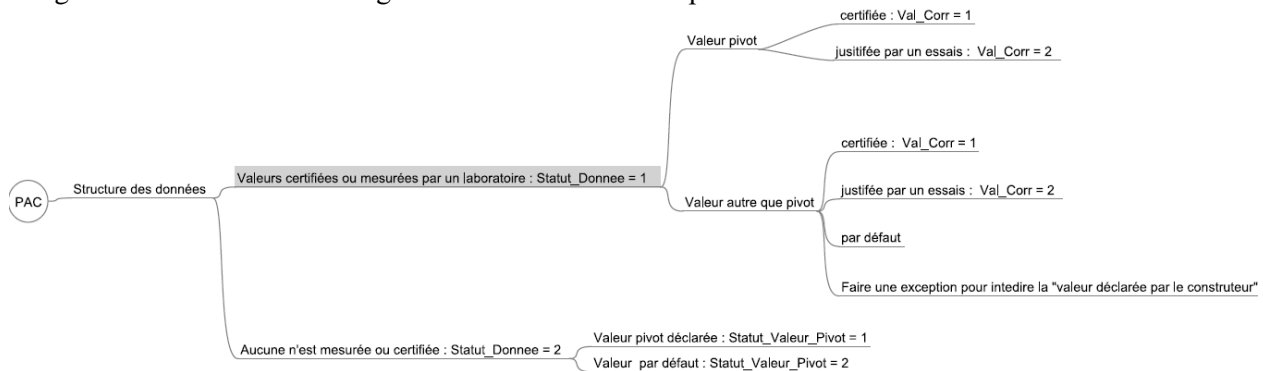
- Statut_données_PC = 2 : *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

⁸ **NF EN 14511-2** (Octobre 2013): 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** (Mars 2011) : 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** (Avril 2011) : 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°C/32,5°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 $\theta_{aval} - \theta_{amont}$), 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).

8.22.3.2 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	1 : refroidisseur air extérieur / eau
2 : PAC air extérieur / air recyclé	2 : refroidisseur air extérieur / air recyclé
3 : PAC air extrait / air neuf	3 : refroidisseur air extrait / air neuf
4 : PAC eau de nappe / eau	4 : refroidisseur eau / eau et eau glycolée / eau
5 : PAC eau glycolée / eau	5 : refroidisseur eau / air et eau de boucle / air recyclé
6 : PAC eau de nappe / air recyclé	6 : refroidisseur eau de nappe / air recyclé
7 : PAC eau de boucle / air recyclé	7 : refroidisseur eau de nappe / eau
8 : PAC sol/ eau	
9 : PAC sol/sol	

Tableau 154 : 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 155 : 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 156 : 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 157 : 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 158 : Source_Ballon_Base_Thermodynamique_Elec_TripleService, liste des technologies disponibles

8.22.3.3 Création des matrices de performance à pleine charge en mode chauffage

8.22.3.3.1 Pac air / eau (SysThermo_CH = 1)

IdFluide_aval = 1; IdFluide_amont = 2

Val_util_max = 3,5

8.22.3.3.1.1 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 111 : 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 : $M_{\theta_Aval_Ch}$	Températures amont : $M_{\theta_Amont_Ch}$
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 159 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur / eau (chauffage)

8.22.3.3.1.2 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 $\{\text{Performance_ch}(i : j)\}$, $\{\text{Pabs}(i : j)\}$, et $\{\text{COR}(i : j)\}$.

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 $\{\text{Performance_ch}(i : j)\}$ 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)

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 1,$

$$COP_{util}(i, j) = Performance_{ch}(i, j)$$

$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 2,$

$$COP_{util}(i, j) = Performance_{ch}(i, j) \times 0,9$$

(1179)

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)

$$COP_{util}(2,4) = 0,8 \times Val_{util_{max}}$$

8.22.3.3.1.3 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 160 : 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

$$\{COP_{util}(3,4)\} = \{COP_{util}(2,4)\} \times Cnnav_{COP}(42.5, 32.5)$$

(1180)

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

$$\{COP_{util}(5,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(60, 51)$$

- Ensuite, l'ensemble des lignes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

$$\begin{aligned} &\text{si } \{\text{COP_util}(i,2)\} = 0 \\ &\quad \{\text{COP_util}(i,2)\} = \{\text{COP_util}(i,4)\} \times \text{Cnnam_COP}(-7, 7) \\ &\text{si } \{\text{COP_util}(i,3)\} = 0 \\ &\quad \{\text{COP_util}(i,3)\} = \{\text{COP_util}(i,4)\} \times \text{Cnnam_COP}(2, 7) \\ &\text{si } \{\text{COP_util}(i,5)\} = 0 \\ &\quad \{\text{COP_util}(i,5)\} = \{\text{COP_util}(i,4)\} \times \text{Cnnam_COP}(20, 7) \\ &\text{si } \{\text{COP_util}(i,1)\} = 0 \\ &\quad \{\text{COP_util}(i,1)\} = \{\text{COP_util}(i,2)\} \times \text{Cnnam_COP}(-15, -7) \end{aligned} \tag{1181}$$

Version du 04/08/20

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 161 : PAC air extérieur / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

Version du 04/08/20

8.22.3.3.2 PAC air extérieur / air recyclé (Sys_Thermo_Ch = 2)

IdFluide_aval = 2: air ;

IdFluide_amont = 2: air

Val_Util_Max = 3,5

8.22.3.3.2.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur/ air recyclé (chauffage) est la suivante :

		Θ_{amont} (air extérieur)				
	$\Theta_{\text{amont}} >$	-15	-7	2	7	20
Θ_{aval} (air intérieur)	priorité	5	2	3	1	4
5	5					
10	4					
15	2					
20	1					
25	3					

Figure 112 : 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 162 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur/ air recyclé (chauffage)

8.22.3.3.2.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,4).

8.22.3.3.2.3 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
$C_{nav_COP}(15, 20) = 1.10$	$C_{nam_COP}(-7, 7) = 0.50$
$C_{nav_COP}(25, 20) = 0.9$	$C_{nam_COP}(2, 7) = 0.80$
$C_{nav_COP}(10, 20) = 1.20$	$C_{nam_COP}(20, 7) = 1.25$
$C_{nav_COP}(5, 20) = 1.3$	$C_{nam_COP}(-15, -7) = 0.80$

- si la puissance nominale à 7°C est supérieure à 100kW,

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_COP(15, 20) = 1.10$	$Cnnam_COP(-7, 7) = 0.6$
$Cnnav_COP(25, 20) = 0.9$	$Cnnam_COP(2, 7) = 0.80$
$Cnnav_COP(10, 20) = 1.20$	$Cnnam_COP(20, 7)=1.25$
$Cnnav_COP(5, 20) = 1.3$	$Cnnam_COP(-15, -7)= 0.8$

Tableau 163 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(1,4)\} = \{COP_util(4,4)\} \times Cnnav_COP(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(2,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(2,4)\} = \{COP_util(4,4)\} \times Cnnav_COP(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(3,4)\} = \{COP_util(4,4)\} \times Cnnav_COP(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(5,4)\} = \{COP_util(4,4)\} \times Cnnav_COP(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1182}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(-7, 7) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(2, 7) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(20, 7) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(-15, -7)
 \end{aligned} \tag{1183}$$

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
$Cnnav_Pabs(15, 20) = 1.05$	$Cnnam_Pabs(-7, 7) = 0.86$
$Cnnav_Pabs(25, 20) = 0.95$	$Cnnam_Pabs(2, 7) = 0.95$
$Cnnav_Pabs(10, 20) = 1.10$	$Cnnam_Pabs(20, 7)=1.13$
$Cnnav_Pabs(5, 20) = 1.15$	$Cnnam_Pabs(-15, -7)= 0.92$

Tableau 164 : PAC air extérieur / air recyclé (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.3 PAC air extrait / air neuf (SysThermo_CH = 3)

IdFluide_aval = 2: air ;

IdFluide_amont = 2: air;

Val_Util_Max = 2,5

8.22.3.3.3.1 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 113 : 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 165 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extrait / air neuf (chauffage)

8.22.3.3.3.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,4).

8.22.3.3.3 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 166 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(1,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(-15, 7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(2,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(2,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(-7, 7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(3,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(2, 7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(5,4)\} = \{COP_{util}(4,4)\} \times Cnnav_{COP}(20, 7)
 \end{aligned} \tag{1184}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,1)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,2)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,3)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,5)\} = \{COP_{util}(i,4)\} \times Cnnam_{COP}(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1185}$$

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 167 : PAC air extérieur / air recyclé (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.4 PAC eau de nappe / eau (SysThermo_CH = 4)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 4,7

8.22.3.3.4.1 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 114 : 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 168 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de nappe / eau (chauffage)

8.22.3.3.4.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.22.3.3.4.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0.8$	$Cnnam_COP(3.5, 8.5) = 0.9$
$Cnnav_COP(51, 42.5) = 0.8$	$Cnnam_COP(13.5, 8.5) = 1.1$
$Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1.1$	$Cnnam_COP(18.5, 8.5) = 1.2$
$Cnnav_COP(60, 51) = 0.8$	

Tableau 169 : 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 :

$$\begin{aligned} \text{si } \{COP_util(1,2)\} &= 0 \\ \{COP_util(1,2)\} &= \{COP_util(2,2)\} \times Cnnav_COP(23.5, 32.5) \\ \text{si } \{COP_util(3,2)\} &= 0 \\ \{COP_util(3,2)\} &= \{COP_util(2,2)\} \times Cnnav_COP(42.5, 32.5) \\ \text{si } \{COP_util(4,2)\} &= 0 \\ \{COP_util(4,2)\} &= \{COP_util(3,2)\} \times Cnnav_COP(51, 42.5) \\ \text{si } \{COP_util(5,2)\} &= 0 \\ \{COP_util(5,2)\} &= \{COP_util(4,2)\} \times Cnnav_COP(60, 51) \end{aligned} \quad (1186)$$
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned} \text{si } \{COP_util(i,1)\} &= 0 \\ \{COP_util(i,1)\} &= \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(3.5, 8.5) \\ \text{si } \{COP_util(i,3)\} &= 0 \\ \{COP_util(i,3)\} &= \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(13.5, 8.5) \\ \text{si } \{COP_util(i,4)\} &= 0 \\ \{COP_util(i,4)\} &= \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(18.5, 8.5) \end{aligned} \quad (1187)$$

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
$Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0.9$	$Cnnam_Pabs(3.5, 8.5) = 0.95$
$Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0.915$	$Cnnam_Pabs(13.5, 8.5) = 1.05$
$Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1.09$	$Cnnam_Pabs(18.5, 8.5) = 1.10$
$Cnnav_Pabs(60, 51) = 0.91$	

Tableau 170 : PAC eau de nappe / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.5 PAC eau glycolée / eau (SysThermo_CH = 5)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.22.3.3.5.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau glycolée / eau est la suivante.

				Θ _{amont} (eau glycolée)				
			Θ _{retour}	-5	0	5	10	15
			Θ _{départ}	-8	-3	2	7	12
Θ _{aval} (eau)			Θ _{amont} >	-6.5	-1.5	3.5	8.5	13.5
Θ _{départ}	Θ _{retour}	Θ _{aval}	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 115 : 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 171 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau glycolée / eau (chauffage)

8.22.3.3.5.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.22.3.3.5.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0.8$	$Cnnam_COP(3.5, -1.5) = 1.10$
$Cnnav_COP(51, 42.5) = 0.8$	$Cnnam_COP(8.5, -1.5) = 1.20$
$Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1.1$	$Cnnam_COP(-6.5, -1.5) = 0.90$
$Cnnav_COP(60, 51) = 0.8$	$Cnnam_COP(13.5, -1.5) = 1.30$

Tableau 172 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(1,2)\} = \{COP_util(2,2)\} \times Cnnav_COP(23.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(3,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(3,2)\} = \{COP_util(2,2)\} \times Cnnav_COP(42.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(4,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(4,2)\} = \{COP_util(3,2)\} \times Cnnav_COP(51, 42.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(5,2)\} = \{COP_util(4,2)\} \times Cnnav_COP(60, 51)
 \end{aligned} \tag{1188}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(-6.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(3.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(8.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(13.5, -1.5)
 \end{aligned} \tag{1189}$$

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
$Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0.9$	$Cnnam_Pabs(3.5, -1.5) = 1.05$
$Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0.915$	$Cnnam_Pabs(8.5, -1.5) = 1.10$
$Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1.09$	$Cnnam_Pabs(-6.5, -1.5) = 0.95$
$Cnnav_Pabs(60, 51) = 0.91$	$Cnnam_Pabs(13.5, -1.5) = 1.15$

Tableau 173 : PAC eau glycolée / eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.6 Pac eau de nappe / air (SysThermo_CH = 6)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,5

8.22.3.3.6.1 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 116 : 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 174 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de nappe / air (chauffage)

8.22.3.3.6.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.22.3.3.6.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_COP(15, 20) = 1.10$	$Cnnam_COP(3.5, 8.5) = 0.9$
$Cnnav_COP(25, 20) = 0.9$	$Cnnam_COP(13.5, 8.5) = 1.1$
$Cnnav_COP(10, 20) = 1.20$	$Cnnam_COP(18.5, 8.5) = 1.2$
$Cnnav_COP(5, 20) = 1.3$	

Tableau 175 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(1,2)\} = \{COP_util(2,4)\} \times Cnnav_COP(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(2,2)\} = \{COP_util(2,4)\} \times Cnnav_COP(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(2,3)\} = \{COP_util(2,4)\} \times Cnnav_COP(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(5,2)\} = \{COP_util(2,4)\} \times Cnnav_COP(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1190}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(3.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(13.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(18.5, 8.5)
 \end{aligned} \tag{1191}$$

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
$Cnnav_Pabs(15, 20) = 1.05$	$Cnnam_Pabs(3.5, 8.5) = 0.95$
$Cnnav_Pabs(25, 20) = 0.95$	$Cnnam_Pabs(13.5, 8.5) = 1.05$
$Cnnav_Pabs(10, 20) = 1.10$	$Cnnam_Pabs(18.5, 8.5) = 1.10$
$Cnnav_Pabs(5, 20) = 1.15$	

Tableau 176 : PAC eau glycolée / air (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.7 PAC eau de boucle / air (SysThermo_CH = 7)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 4

8.22.3.3.7.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau de boucle / air est la suivante.

		Θ _{amont} (eau de boucle)					
		Θ _{retour}	10	15	20	25	30
		Θ _{départ}	7	12	17	22	27
		Θ _{amont} >	8.5	13.5	18.5	23.5	28.5
Θ _{aval} (air intérieur)	priorité		4	2	1	3	5
5	5						
10	4						
15	2						
20	1						
25	3						

Figure 117 : Matrice de performance des PAC eau de boucle / air (chauffage)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour Θ_{amont} = 18.5 ; Θ_{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 177 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de boucle / air (chauffage)

8.22.3.3.7.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,3).

8.22.3.3.7.3 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 178 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(1,3)\} = \{COP_util(4,3)\} \times Cnnav_COP(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(2,3)\} = \{COP_util(4,3)\} \times Cnnav_COP(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(3,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(3,3)\} = \{COP_util(4,3)\} \times Cnnav_COP(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(5,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(5,3)\} = \{COP_util(4,3)\} \times Cnnav_COP(25, 20)
 \end{aligned} \tag{1192}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N_{Bval}

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(8.5, 18.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(13.5, 18.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(23.5, 18.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(28.5, 18.5)
 \end{aligned} \tag{1193}$$

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 179 : PAC eau de boucle/ air (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.8 PAC sol / eau (SysThermo_CH = 8)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 3: sol;

Val_Util_Max = 3,8

8.22.3.3.8.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC sol/eau est la suivante :

				$\Theta_{\text{amont}} \text{ (sol) } (^{\circ}\text{C})$			
$\Theta_{\text{aval}} \text{ (eau)}$			Priorité	-4	1.5	4	6.5
$\Theta_{\text{départ}}$	Θ_{retour}	Θ_{aval}		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 118 : 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 180 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC sol/eau (chauffage)

8.22.3.3.8.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,3).

8.22.3.3.8.3 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 181 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(1,3)\} = \{COP_util(2,3)\} \times Cnnav_COP(23,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{COP_util(3,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(3,3)\} = \{COP_util(2,3)\} \times Cnnav_COP(42,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{COP_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(4,3)\} = \{COP_util(3,3)\} \times Cnnav_COP(51, 42,5) \\
 &\text{si } \{COP_util(5,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(5,3)\} = \{COP_util(4,3)\} \times Cnnav_COP(60, 51)
 \end{aligned} \tag{1194}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N_{Bval}

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(-4 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(-1,5 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(6,5 ; 4)
 \end{aligned} \tag{1195}$$

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 182 : PAC sol/eau (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.3.9 PAC sol / sol (SysThermo_CH = 9)

IdFluide_aval = 3: sol;

IdFluide_amont = 3: sol;

Val_Util_Max = 3,8

8.22.3.3.9.1 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 119 : 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 183 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC sol/eau (chauffage)

8.22.3.3.9.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (1,3).

8.22.3.3.9.3 Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Sans objet	$C_{\text{nam_COP}}(-1,5 ; 4) = 0,95$ $C_{\text{nam_COP}}(-4 ; 4) = 0,8$ $C_{\text{nam_COP}}(6,5 ; 4) = 1,07$

Tableau 184 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,1)\} = \{COP_{\text{util}}(1,3)\} \times C_{\text{nam_COP}}(-4 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = \{COP_{\text{util}}(1,3)\} \times C_{\text{nam_COP}}(-1,5 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,4)\} = \{COP_{\text{util}}(1,3)\} \times C_{\text{nam_COP}}(6,5 ; 4)
 \end{aligned} \tag{1196}$$

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 185 : PAC sol/sol (chauffage), coefficients Cnn pour Pabs

Version du 04/08/20

8.22.3.4 Création des matrices de performance à pleine charge en mode production ECS

8.22.3.4.1 PAC air extérieur / eau (Sys_Thermo_ECS = 1)

IdFluide_ament = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.22.3.4.1.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur / eau (ECS) est la suivante.

		Θ _{amont} (air extérieur)				
	Θ _{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 120 : Matrice de performance des PAC air extérieur / eau (ECS)

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{ament} = 7$; $\Theta_{aval} = 45$;

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 ament : $M_{\theta_Ament_Ecs}$
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 186 : ordre de saisie des températures aval et ament des PAC air extérieur / eau (ECS)

8.22.3.4.1.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,3).

8.22.3.4.1.3 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 187 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(1,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(1,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav_{COP}(5,45) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(2,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav_{COP}(15,45) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(3,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(3,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav_{COP}(25,45) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(4,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav_{COP}(35,45) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(6,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(6,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav_{COP}(55,45) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(7,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(7,3)\} = \{COP_{util}(5,3)\} \times Cnnav_{COP}(65,45)
 \end{aligned} \tag{1197}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,1)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(-7,7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,2)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(2,7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,4)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(20,7) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,5)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(35,7)
 \end{aligned} \tag{1198}$$

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 188 : PAC air extérieur/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.4.2 PAC air extrait / eau (Sys_Thermo_ECS = 2)

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 3,2

8.22.3.4.2.1 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 121 : 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 $M_{\theta_Amont_Ecs}$, 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 : 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 189 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extrait / eau (ECS)

8.22.3.4.2.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,4).

8.22.3.4.2.2 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 190 : 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 (1197) du §8.22.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(5, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(10, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(15, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(25, 20) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,6)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,6)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnam_COP(30, 20)
 \end{aligned} \tag{1199}$$

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 191 : PAC air extrait/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.4.3 PAC air ambiant / eau (Sys_Thermo_Ecs = 3)

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 3,1

8.22.3.4.3.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air ambiant / eau (ECS) est la suivante.

		Θ_{amont} (air extrait)					
	$\Theta_{\text{amont}} >$	5	10	15	20	25	30
Θ_{aval}	priorité	6	3	1	2	4	5
5	7						
15	5						
25	3						
35	2						
45	1						
55	4						
65	6						

Figure 122 : 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 $M_{\theta_Amont_Ecs}$, 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 : 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 192 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air ambiant / eau (ECS)

8.22.3.4.3.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,3).

8.22.3.4.3.2 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 193 : 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 (1197) du §8.22.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(5, 15) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(10, 15) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(20, 15) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(25, 15) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,6)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,6)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnam_COP(30, 15)
 \end{aligned} \tag{1200}$$

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 194 : PAC air ambiant/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.4.4 PAC eau de nappe / eau ($Sys_Thermo_Ecs = 4$)

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.22.3.4.4.1 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 123 : 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 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}$, 3 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}$, 4 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}$, 5 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}, 15^{\circ}\text{C}$, 6 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}, 15^{\circ}\text{C}, 65^{\circ}\text{C}$, 7 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}, 15^{\circ}\text{C}, 65^{\circ}\text{C}, 5^{\circ}\text{C}$	1 : $8,5^{\circ}\text{C}$ 2 : $3,5^{\circ}\text{C}, 8,5^{\circ}\text{C}$ 3 : $3,5^{\circ}\text{C}, 8,5^{\circ}\text{C}, 13,5^{\circ}\text{C}$ 4 : $3,5^{\circ}\text{C}, 8,5^{\circ}\text{C}, 13,5^{\circ}\text{C}, 18,5^{\circ}\text{C}$

Tableau 195 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau de nappe / eau (ECS)

8.22.3.4.4.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,2).

8.22.3.4.4.2 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 196 : 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 (1197) du §8.22.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(3.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(13.5, 8.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(18.5, 8.5)
 \end{aligned} \tag{1201}$$

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 197 : PAC eau de nappe/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.4.5 PAC sol / eau (Sys_Thermo_Ecs = 5)

IdFluide_amont = 3: sol;

Val_Util_Max = 3,0

8.22.3.4.5.1 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 124 : 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 : $M_{\theta_Aval_Ecs}$
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 : 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 198 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC sol / eau (ECS)

8.22.3.4.5.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,2).

8.22.3.4.5.2 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 199 : 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 (1197) du §8.22.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{util}(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,1)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(-4 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,2)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(-1;5 ; 4) \\
 &\text{si } \{COP_{util}(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{util}(i,4)\} = \{COP_{util}(i,3)\} \times Cnnam_{COP}(6,5 ; 4)
 \end{aligned}
 \tag{1202}$$

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 200 : PAC sol/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.4.6 PAC eau glycolée / eau (Sys_Thermo_Ecs = 6)

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.22.3.4.6.1 Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC eau glycolée / eau (ECS) est la suivante.

		Θamont (eau glycolée)					
		Θretour	-5	0	5	10	15
		Θdépart	-8	-3	2	7	12
		Θamont	-6.5	-1.5	3.5	8.5	13.5
Θaval	priorité	4	1	2	3	5	
5	7						
15	5						
25	3						
35	2						
45	1						
55	4						
65	6						

Figure 125 : 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 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}$,
3 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}$,
4 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}$,
5 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}, 15^{\circ}\text{C}$,
6 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}, 15^{\circ}\text{C}, 65^{\circ}\text{C}$,
7 : $45^{\circ}\text{C}, 35^{\circ}\text{C}, 25^{\circ}\text{C}, 55^{\circ}\text{C}, 15^{\circ}\text{C}, 65^{\circ}\text{C}, 5^{\circ}\text{C}$

Températures amont : $M_{\theta_Amont_Ecs}$
1 : -1.5°C
2 : $-1.5^{\circ}\text{C}, 3.5^{\circ}\text{C}$
3 : $-1.5^{\circ}\text{C}, 3.5^{\circ}\text{C}, 8.5^{\circ}\text{C}$
4 : $-1.5^{\circ}\text{C}, 3.5^{\circ}\text{C}, 8.5^{\circ}\text{C}, -6.5^{\circ}\text{C}$
5 : $-1.5^{\circ}\text{C}, 3.5^{\circ}\text{C}, 8.5^{\circ}\text{C}, -6.5^{\circ}\text{C}, 13.5^{\circ}\text{C}$

Tableau 201 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC eau glycolée / eau (ECS)

8.22.3.4.6.1.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (5,2).

8.22.3.4.6.2 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 202 : 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 (1197) du §8.22.3.4.1.3;
- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(-6.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(3.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(8.5, -1.5) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnam_COP(13.5, -1.5)
 \end{aligned} \tag{1203}$$

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 203 : PAC eau glycolée/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5 Création des matrices de performance à pleine charge en mode refroidissement

8.22.3.5.1 Refroidisseurs air extérieur/ eau (Sys_Thermo_Fr = 1)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 2,7

8.22.3.5.1.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs air extérieur / eau est la suivante :

				Θ_{amont} (air extérieur)				
$\Theta_{\text{aval}}(\text{eau})$			Θ_{amont}	5	15	25	35	45
$\Theta_{\text{départ}}$	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 126 : 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 : $M_{\theta_Aval_Fr}$
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 : 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

Tableau 204 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs air extérieur/ eau

8.22.3.5.1.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.22.3.5.1.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_EER(20.5, 9.5) = 1.15$	$Cnnam_EER(25, 35) = 1.2$
$Cnnav_EER(15, 9.5) = 1.075$	$Cnnam_EER(15, 35) = 1.4$
$Cnnav_EER(26, 9.5) = 1.225$	$Cnnam_EER(5, 35) = 1.6$
$Cnnav_EER(4, 9.5) = 0.9$	$Cnnam_EER(45, 35) = 0.8$

Tableau 205 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(4, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(3,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(15, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(20.5, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(5,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(26, 9.5)
 \end{aligned} \tag{1204}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,2)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,5)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(45, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(5, 35)
 \end{aligned} \tag{1205}$$

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
$Cnnav_Pabs(20.5, 9.5) = 1.11$	$Cnnam_Pabs(25, 35) = 1.1$
$Cnnav_Pabs(15, 9.5) = 1.055$	$Cnnam_Pabs(15, 35) = 1.2$
$Cnnav_Pabs(26, 9.5) = 1.165$	$Cnnam_Pabs(5, 35) = 1.3$
$Cnnav_Pabs(4, 9.5) = 0.945$	$Cnnam_Pabs(45, 35) = 0.9$

Tableau 206 : refroidisseurs air extérieur/eau, coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5.2 Refroidisseurs air extérieur / air recyclé ($Sys_Thermo_Fr = 2$)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.22.3.5.2.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs air extérieur / air recyclé est la suivante :

		Θ_{amont} (air extérieur)				
	Θ_{amont}	5	15	25	35	45
Θ_{aval}	priorité	4	3	2	1	5
22	2					
27	1					
32	3					
37	4					

Figure 127 : 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 207 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs air extérieur / air recyclé

8.22.3.5.2.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.22.3.5.2.3 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 208 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,3)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(37, 27)
 \end{aligned} \tag{1206}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N_{baval}

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,2)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,5)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(45, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(5, 35)
 \end{aligned} \tag{1207}$$

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 209 : refroidisseurs air extérieur / air recyclé, coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5.3 Refroidisseurs air extrait / air neuf ($Sys_Thermo_Fr = 3$)

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.22.3.5.3.1 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 128 : Matrice de performance des refroidisseurs air extrait / air neuf

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 27^{\circ}\text{C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 35^{\circ}\text{C}$.

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 $M_{\theta_Amont_Fr}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta_Aval_Fr}$	Températures amont : $M_{\theta_Amont_Fr}$
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	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 210 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs air extrait / air neuf

8.22.3.5.3.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (4,2).

8.22.3.5.3.3 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 211 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,2)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(5, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(2,2)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(2,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(2,3)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(5,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(5,2)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(45, 35)
 \end{aligned} \tag{1208}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N_{Bavail}

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,2)\} \times Cnnam_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,2)\} \times Cnnam_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,4)\} = \{EER_util(i,2)\} \times Cnnam_EER(37, 27)
 \end{aligned} \tag{1209}$$

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 212 : refroidisseurs air extrait / air neuf, coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5.4 Refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau (Sys_Thermo_Fr = 4)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 3,7

8.22.3.5.4.1 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 129 : Matrice de performance des refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 32.5 \text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 9.5 \text{ °C}$

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 : $M_{\theta_Aval_Fr}$
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 213 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau

8.22.3.5.4.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.22.3.5.4.3 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 214 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(4, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(3,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(15, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(20.5, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(5,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(26, 9.5)
 \end{aligned} \tag{1210}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N_{Bavail}

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(2.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,2)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(12.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(22.5, 32.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,5)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(42.5, 32.5)
 \end{aligned} \tag{1211}$$

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 215 : refroidisseurs eau / eau ou eau glycolée / eau, coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5.5 Refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air (Sys_Thermo_Fr = 5)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

8.22.3.5.5.1 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 130 : Matrice de performance des refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 32.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

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 : 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 216 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air

8.22.3.5.5.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,4).

8.22.3.5.5.3 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 217 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,3)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(37, 27)
 \end{aligned}
 \tag{1212}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N_{aval}

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(2,5, 32,5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,2)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(12,5, \\
 &32,5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(22,5, \\
 &32,5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,5)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnam_EER(42,5, \\
 &32,5)
 \end{aligned}
 \tag{1213}$$

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 218 : refroidisseurs eau / air ou eau glycolée / air, coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5.6 Refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air (Sys_Thermo_Fr = 6)

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 3,7

8.22.3.5.6.1 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 131 : 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 : $M_{\theta_Aval_Fr}$
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 : 12.5 °C
2 : 12.5 °C, 17.5 °C
3 : 7.5 °C, 12.5 °C, 17.5 °C
4 : 7.5 °C, 12.5 °C, 17.5 °C, 22.5 °C

Tableau 219 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air

8.22.3.5.6.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.22.3.5.6.3 Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_{EER}(22, 27) = 0.9$	$Cnnam_{EER}(17.5, 12.5) = 0.90$
$Cnnav_{EER}(32, 27) = 1.075$	$Cnnam_{EER}(7.5, 12.5) = 1.10$
$Cnnav_{EER}(37, 27) = 1.15$	$Cnnam_{EER}(22.5, 12.5) = 0.80$

Tableau 220 : 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 :

$$\text{si } \{EER_{util}(1,2)\} = 0$$

$$\{EER_{util}(1,2)\} = \{EER_{util}(2,2)\} \times Cnnav_{EER}(22, 27)$$

$$\text{si } \{EER_{util}(2,3)\} = 0$$

$$\{EER_{util}(2,3)\} = \{EER_{util}(2,2)\} \times Cnnav_{EER}(32, 27) \quad (1214)$$

$$\text{si } \{EER_{util}(2,4)\} = 0$$

$$\{EER_{util}(2,4)\} = \{EER_{util}(2,2)\} \times Cnnav_{EER}(37, 27)$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\text{si } \{EER_{util}(i,1)\} = 0$$

$$\{EER_{util}(i,1)\} = \{EER_{util}(i,2)\} \times Cnnam_{EER}(7.5, 12.5)$$

$$\text{si } \{EER_{util}(i,3)\} = 0$$

$$\{EER_{util}(i,3)\} = \{EER_{util}(i,2)\} \times Cnnam_{EER}(17.5, 12.5) \quad (1215)$$

$$\text{si } \{EER_{util}(i,4)\} = 0$$

$$\{EER_{util}(i,4)\} = \{EER_{util}(i,2)\} \times Cnnam_{EER}(22.5, 12.5)$$

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
$Cnnav_{Pabs}(22, 27) = 0.95$	$Cnnav_{Pabs}(17.5, 12.5) = 0.95$
$Cnnav_{Pabs}(32, 27) = 1.05$	$Cnnav_{Pabs}(7.5, 12.5) = 1.05$
$Cnnav_{Pabs}(37, 27) = 1.1$	$Cnnav_{Pabs}(22.5, 12.5) = 1.10$

Tableau 221 : refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / air, coefficients Cnn pour Pabs

8.22.3.5.7 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

8.22.3.5.7.1 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 132 : 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 222 : ordre de saisie des températures aval et amont des refroidisseurs eau de nappe (ou captage) / eau

8.22.3.5.7.2 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite au § 8.22.3.3.1.2 pour EER_util, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (2,2).

8.22.3.5.7.3 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 223 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(4, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(3,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(3,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(15, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(20.5, 9.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(5,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(5,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(26, 9.5)
 \end{aligned} \tag{1216}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,2)\} \times Cnnam_EER(7.5, 12.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,2)\} \times Cnnam_EER(17.5, 12.5) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,4)\} = \{EER_util(i,2)\} \times Cnnam_EER(22.5, 12.5)
 \end{aligned} \tag{1217}$$

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
$Cnnav_Pabs(20.5, 9.5) = 1.11$	$Cnnam_Pabs(17.5, 12.5) = 0.95$
$Cnnav_Pabs(15, 9.5) = 1.055$	$Cnnam_Pabs(7.5, 12.5) = 1.05$
$Cnnav_Pabs(26, 9.5) = 1.165$	$Cnnam_Pabs(22.5, 12.5) = 1.10$
$Cnnav_Pabs(4, 9.5) = 0.945$	

8.22.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle

8.22.3.6.1 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 :

$$W_{aux,0} = Taux \times \{Pabs(ipivot , jpivot)\} \quad (1218)$$

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 chauffage ou ECS :
Taux = 0,02 (1219)

En mode refroidissement :
Taux = 0,01 (1220)

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 est déterminé selon la relation (1218) en fonction de 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 (1219)).

8.22.3.6.2 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 225 : 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.

8.22.3.6.3 Caractéristiques $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$ 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 :

- $LR_{contmin}$, taux de charge minimal que peut maintenir le générateur thermodynamique pour le mode considéré (0-1)
- $Ccp_{LRcontmin}$, ratio du COP (ou de l'EER) au taux de charge $LR_{contmin}$ 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 $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$ 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 $LR_{contmin}$ saisie est augmentée de 0,05.

La valeur de $Ccp_{LRcontmin}$ saisie est multipliée par 0,9.

- Statut_Fonctionnement_Continu = 2 : autres cas : valeur par défaut définies ci-après :

$$LR_{contmin} = 0,4 \quad (1221)$$

$$Ccp_{LRcontmin} = 1 \quad (1222)$$

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.

8.22.3.6.4 *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 :

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 (1223)
générateur thermodynamique sont en dehors des limites tolérées. Assurez vous de la
cohérence des paramètres $LR_{contmin}$, $CCP_{LRcontmin}$, $Pabs$ et $Taux$. »

8.22.3.7 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.

8.22.3.7.1 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'

```

(1224)

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

```

Si  $\theta_{aval}(h) < Val_{\theta_{aval}}(1)$ 
     $i1 = 1$ 
     $i2 = 1$ 
     $\theta_{av1} = \theta_{aval}(h)$ 
     $\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(1)$ 
Si  $\theta_{aval}(h) > Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$ 

```

(1225)

$i1 = N_{\theta_{aval}}$
 $i2 = N_{\theta_{aval}}$
 $\theta_{av1} = Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$
 $\theta_{av2} = \theta_{aval}(h)$
 Sinon,
 Pour i allant de 2 à $N_{\theta_{aval}}$,
 Si $\theta_{aval}(h) \leq Val_{\theta_{aval}}(i1)$, 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 :

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}}$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}} \quad (1226)$$

Calcul du coefficient de performance à pleine charge (COP ou EER) et de la puissance absorbée :

$$\begin{aligned}
 Pabs_{pc}(h) = & \\
 & (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{Pabs(i1, j1)\} \\
 & + C_{\theta_{am}}(h) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{Pabs(i1, j2)\} \\
 & + C_{\theta_{av}}(h) \times (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times \{Pabs(i2, j1)\} \\
 & + C_{\theta_{am}}(h) \times C_{\theta_{av}}(h) \times \{Pabs(i2, j2)\}
 \end{aligned} \quad (1227)$$

Pour un générateur thermodynamique en mode chauffage ou ECS :

$$\begin{aligned}
 COP_{pc}(h) = & \\
 & (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{COP_{util}(i1, j1)\} \\
 & + C_{\theta_{am}}(h) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{COP_{util}(i1, j2)\} \\
 & + C_{\theta_{av}}(h) \times (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times \{COP_{util}(i2, j1)\} \\
 & + C_{\theta_{am}}(h) \times C_{\theta_{av}}(h) \times \{COP_{util}(i2, j2)\}
 \end{aligned} \quad (1228)$$

Pour un générateur thermodynamique en mode refroidissement :

$$\begin{aligned}
 EER_{pc}(h) = & \\
 & (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{EER_{util}(i1, j1)\} \\
 & + C_{\theta_{am}}(h) \times (1 - C_{\theta_{av}}(h)) \times \{EER_{util}(i1, j2)\} \\
 & + C_{\theta_{av}}(h) \times (1 - C_{\theta_{am}}(h)) \times \{EER_{util}(i2, j1)\} \\
 & + C_{\theta_{am}}(h) \times C_{\theta_{av}}(h) \times \{EER_{util}(i2, j2)\}
 \end{aligned} \quad (1229)$$

8.22.3.7.2 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 :

$$Pfou_pc_brut(h) = Pabs_pc(h) \times COP_pc(h) \quad (1230)$$

En mode refroidissement :

$$Pfou_pc_brut(h) = Pabs_pc(h) \times EER_pc(h) \quad (1231)$$

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 :

$$Pfou_pc_brut(h) = \min \{ Pabs_pc(h) \times COP_pc(h) ; Pprev_source_amont_maxi(h) \} \quad (1232)$$

En mode refroidissement :

$$Pfou_pc_brut(h) = \min \{ Pabs_pc(h) \times EER_pc(h) ; Pprev_source_amont_maxi(h) \} \quad (1233)$$

$Pfou_source_amont_maxi(h)$ 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 $Qreq_fr(h) > 0$ Wh, sa puissance $Pfou_pc_brut(h)$ 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 :

$$Pfou_pc_brut(h) = Pabs_pc(h) \times COP_pc(h) \times (1 - Rat_Fonct_ECS(h)) \quad (1234)$$

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 (1234) 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 $Rat_{bas, ECS/FR}$, fixée à 0,25 (soit 15 minutes), dans l'équation ci-dessous :

Pour le mode refroidissement :

$$\begin{aligned} Pfou_pc_brut(h) &= Pabs_pc(h) \times COP_pc(h) \\ &\times (1 - Rat_{Fonct, ECS}(h) - Rat_{bas, ECS/FR}) \end{aligned} \quad (1235)$$

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 $Pfou_pc_brut(h)$ en mode chauffage est fixée à 0 W.

8.22.3.7.3 *Prise en compte des températures limites de fonctionnement du générateur*

Il convient de calculer la quantité d'énergie requise pour chaque machine :

$$Q_{Req_{act}}(h) = \frac{Q_{req}(h)}{Rdim} \quad (1236)$$

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, $\Theta_{max_av} = 40^\circ\text{C}$ 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, $\Theta_{min_am} = -7^\circ\text{C}$ indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est inférieure à -7°C . Un appoint est alors nécessaire pour ces conditions.

($\Theta_{max_av} = 40^\circ\text{C}$, $\Theta_{min_am} = -7^\circ\text{C}$) indique que la machine ne fonctionne pas si les deux conditions sont simultanément remplies. Un appoint est alors nécessaire pour ces conditions.

Algorithmiquement, cela se traduit de la façon suivante :

Si $Lim_Theta = 0$

$$Pfou_pc(h) = Pfou_pc_brut(h)$$

$$Q_{rest_act}(h) = \text{MAX}(0; Q_{req_act}(h) - Pfou_pc(h))$$

Sinon si $Lim_Theta = 1$ et si $\theta_{amont}(h) < \Theta_{min_am}$ ou si $\theta_{aval}(h) > \Theta_{max_av}$

$$Q_{rest_act}(h) = Q_{req_act}(h) \quad (1237)$$

$$Pfou_pc(h) = 0$$

Sinon si $Lim_Theta = 2$ et si $\theta_{amont}(h) < \Theta_{min_am}$ et si $\theta_{aval}(h) > \Theta_{max_av}$

$$Q_{rest_act}(h) = Q_{req_act}(h)$$

$$Pfou_pc(h) = 0$$

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 Θ_{min_av} et valeur haute de température amont Θ_{max_am} , ou en combinaison de deux valeurs.

Par exemple, $\Theta_{min_av} = 5^\circ\text{C}$ 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, $\Theta_{\max_am} = 40^\circ\text{C}$ indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est supérieure à 40°C .

($\Theta_{\min_av} = 5^\circ\text{C}$, $\Theta_{\max_am} = 40^\circ\text{C}$) 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 :

$$P_{fou_pc}(h) = P_{fou_pc_brut}(h)$$

$$Q_{rest_act}(h) = \text{MAX}(0 ; Q_{req_act}(h) - P_{fou_pc}(h))$$

Sinon si $\text{Lim_Theta} = 1$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) > \Theta_{\max_am}$ **ou** si $\theta_{\text{aval}}(h) < \Theta_{\min_av}$

$$Q_{rest_act} = Q_{req_act}$$

$$P_{fou_pc}(h) = 0 \quad (W)$$

Sinon si $\text{Lim_Theta} = 2$

si $\theta_{\text{amont}}(h) > \Theta_{\max_am}$ **et** si $\theta_{\text{aval}}(h) < \Theta_{\min_av}$

$$Q_{rest_act}(h) = Q_{req_act}(h)$$

$$P_{fou_pc}(h) = 0 \quad (W)$$

8.22.3.7.4 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 $LR(h)$, le taux de charge du générateur thermodynamique pour le mode considéré :

$$P_{fouLR}(h) = \text{MIN}(Q_{reqact}(h); P_{fouPC}(h)) \quad (1239)$$

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{fou,PC}(h)} \quad (1240)$$

Note : si $P_{fou,PC}(h)$ est nul, $LR(h)$ est pris égale à 0.

8.22.3.7.4.1 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 :

$$P_{comp-pc}(h) = P_{abs-pc}(h) - W_{aux-0} \quad (1241)$$

$$P_{compLR}(h) = P_{comp-pc}(h) \cdot LR(h) \quad (1242)$$

La puissance absorbée moyenne liée aux irréversibilités, $P_{compma}(h)$, est calculée selon la relation suivante :

$$P_{compma-LR}(h) = P_{comp-pc}(h) \cdot \frac{Deq \cdot (LR(h)) \cdot (1 - LR(h))}{Dfou0} \quad (1243)$$

Finalement, la puissance absorbée moyenne à charge partielle, $P_{abs-LR}(h)$, est la suivante :

$$P_{abs-LR}(h) = P_{compLR}(h) + P_{compma-LR}(h) + W_{aux-0} \quad (1244)$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (1245)$$

Le calcul en mode refroidissement est identique, à ceci prêt que COP_{LR} est remplacé par EER_{LR} .

8.22.3.7.4.2 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 :

$$P_{comp-pc}(h) = P_{abs-pc}(h) - W_{aux-0} \quad (1246)$$

$$COP_{pcnet}(h) = \frac{P_{fou-pc-brut}(h)}{P_{comp-pc}(h)} \quad (1247)$$

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 $CCP_{LRcontmin}$. On convertit également ce coefficient en $CCP_{LRcontmin,net}$:

$$CCP_{LRcontmin,net}(h) = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp-pc}(h) \cdot CCP_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs-pc}(h) - CCP_{LRcontmin} \cdot W_{aux-0}} \quad (1248)$$

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 :

$$\begin{aligned} COP_{LR-net}(h) &= COP_{pc-net}(h) \cdot \left(1 \right. \\ &\quad \left. + [CCP_{LRcontmin,net} - 1] \cdot \frac{1 - LR(h)}{1 - LR_{contmin}} \right) \end{aligned} \quad (1249)$$

$$P_{comp_{LR}}(h) = \frac{P_{fou_{LR}}(h)}{COP_{LR_{net}}(h)} \quad (1250)$$

$$P_{abs_{LR}}(h) = P_{comp_{LR}}(h) + W_{aux-0} \quad (1251)$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fou_{LR}}(h)}{P_{abs_{LR}}(h)} \quad (1252)$$

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 $LR = LR_{contmin}$:

$$P_{fou-LRcontmin}(h) = P_{fou_{pc_brut}}(h) \times LR_{contmin} \quad (1253)$$

$$P_{comp_{LRcontmin}}(h) = \frac{P_{fou_{LRcontmin}}(h)}{COP_{LRcontmin_{net}}(h)} \quad (1254)$$

$$P_{comp_{LR}}(h) = P_{comp_{LRcontmin}}(h) \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR(h)}{LR_{contmin}}\right) \quad (1255)$$

La puissance absorbée moyenne liée aux irréversibilités, $P_{compma}(h)$, est calculée selon la relation suivante :

$$LR_{cycl}(h) = \frac{LR(h)}{LR_{contmin}} \quad (1256)$$

$$P_{compma_{LR}}(h) = P_{comp_{LRcontmin}}(h) \cdot \frac{Deq \cdot (LR_{cycl}(h)) \cdot (1 - LR_{cycl}(h))}{Dfou0} \quad (1257)$$

Finalement, la puissance absorbée moyenne à charge partielle, $P_{abs-LR}(h)$, est la suivante :

$$P_{abs-LR}(h) = P_{comp_{LR}}(h) + P_{compma-LR}(h) + W_{aux-0} \quad (1258)$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fou_{LR}}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (1259)$$

Le calcul en mode refroidissement est identique, à ceci prêt que COP_{LR} est remplacé par EER_{LR} .

8.22.3.7.5 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 :

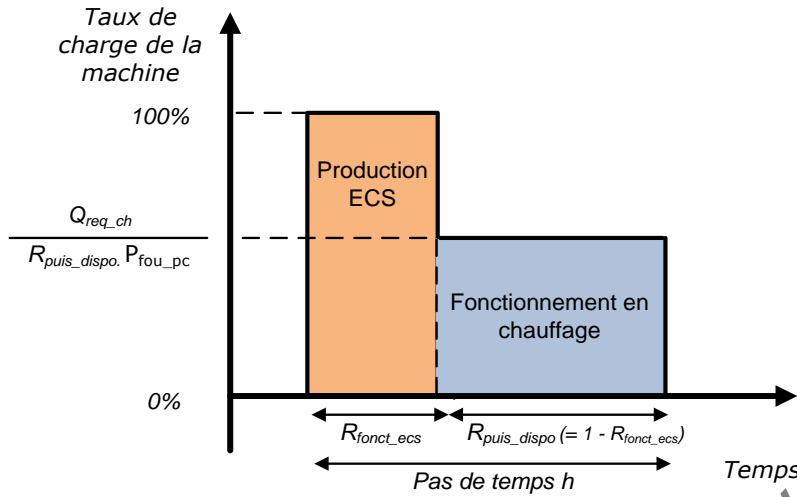


Figure 133: sous-décomposition d'un pas de temps pour un générateur thermodynamique double service

En termes algorithmique, pour le mode ECS, les équations du §8.22.3.7.4 sont remplacées par les suivantes :

$$P_{fouLR}(h) = \text{MIN}(Q_{reqact}(h); P_{fouPC}(h)) \quad (1260)$$

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{fou,PC}(h)} \quad (1261)$$

Note : si $P_{fou,PC}(h)$ est nul, $LR(h)$ est pris égale à 0.

$$\text{Si } id_{ecs,seule}(h) = \text{faux} \quad (1262)$$

$$P_{abs-LR}(h) = P_{abs-PC}(h)$$

$$\text{Si } id_{ecs,seule}(h) = \text{vrai} \quad (1263)$$

$$P_{abs-LR}(h) = P_{abs-PC}(h) + (1 - LR(h)) \cdot W_{aux-0}$$

$$COP_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (1264)$$

Pour le mode chauffage ou refroidissement, le §8.22.3.7.4 reste applicable. La limitation de la puissance disponible liée au temps de fonctionnement réduit a déjà été traitée au §8.22.3.7.2.

8.22.3.7.6 **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 :

$$P_{abs-LR}(h) = W_{aux-0} \quad (1265)$$

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 :

$$P_{\text{abs-LR}}(h) = (1 - \text{Rat_Fonct_ECS}(h)) \cdot W_{\text{aux-0}} \quad (1266)$$

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.:

$$P_{\text{abs-LR}}(h) = (1 - \text{Rat_Fonct_ECS}(h)) \cdot W_{\text{aux-0}} \quad (1267)$$

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 (1267).

8.22.3.7.7 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 :

$$Q_{cef-ch(id_engen)}(h) = P_{abs_LR}(h) \times Rdim \quad (1268)$$

$$\eta_{eff,ch}(h) = COP_{LR}(h) \text{ (resp. } EER_{LR}(h) \text{ pour le mode refroidissement)} \quad (1269)$$

$$Q_{fou-ch}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (1270)$$

$$Q_{rest-ch}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (1271)$$

$$\tau_{charge-ch}(h) = LR(h) \quad (1272)$$

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 :

$$\varphi_{rejet,ch}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (1273)$$

Mode ECS :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (1274)$$

Mode refroidissement :

$$\varphi_{rejet,fr}(h) = (P_{comp_LR} + P_{compma_LR} + P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (1275)$$

8.22.3.7.8 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 :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou-ch}(h) + Q_{fou-ecs}(h) + Q_{fou-fr}(h) \quad (1276)$$

Quantité d'énergie consommée par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{cons}(h) = \sum_{id_engen} (Q_{cefch(id-engen)}(h) + Q_{cef,ecs(id-engen)}(h) + Q_{ceffr(id-engen)}(h)) \quad (1277)$$

$$W_{aux,pro}(h) = W_{aux-0} \times Rdim \quad (1278)$$

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 :

$$\varphi_{rejet}(h) = \varphi_{rejet,ch}(h) + \varphi_{rejet,ecs}(h) + \varphi_{rejet,fr}(h) \quad (Wh) \quad (1279)$$

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.

Version du 04/08/20

8.23 C GEN THERMODYNAMIQUE GAZ

8.23.1 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 :

- $GUE_{ch \text{ ou } ECS}$ (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.

8.23.2 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	-	-	
$\text{Syst}_{\text{Thermo_FR}}$	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement refroidissement : 1 : refroidisseurs air / eau 2 : refroidisseurs eau / eau	entier	1	-	-
$\text{Syst}_{\text{Thermo_CH}}$	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	-	-
$\text{Syst}_{\text{Thermo_ECS}}$	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ECS : 1 : GAHP air / eau classique 2 : GAHP eau glycolée / eau classique 3 : GAHP eau / eau	entier	1	-	-
$\text{Fonc}_{\text{brûl}}$	1 : Fonctionnement en mode continu du brûleur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du brûleur	entier	1	2	-
$\text{Id}_{\text{echangeur}}$	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,Ialign)}	matrice des performances en mode chauffage (GUE) selon les températures amont et aval	-	-	-	-
{ValGUEfr(Icol,Ialign)}	matrice des performances en mode refroidissement selon les températures amont et aval	-	-	-	-
{ValGUEec}	matrice des performances en mode ECS selon les	-	-	-	-

s(Icol,Ialign)	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	-	-	-	-
{ValPauxp c(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	+∞	-
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.	-	-	-	-
ValPauxch pc_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_pi vot	valeur pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	-	-	-
ValPabs_pi vot	valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	W	-	-	-
Statut_do nnees	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée	entier	1	-	-
statut_val eur_pivot	1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut	entier	1	-	-
statut_Pau x_pivot	1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut pour les auxiliaires	entier	1	-	-
Theta_ma x_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_ma x_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	-	-
Ccp _{LRcontmin}	coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	-	0	+∞	-
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	-	-	1	-
Deq	durée équivalente liée aux irréversibilités	minut es	0	-	Voir Table au 236
Rdt _{comb_pivo t}	rendement sur PCI de combustion du gaz dans les conditions pivot	-	0	+∞	-
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	+∞	-
Idengen	Identificateur de l'énergie principale (gaz(=10),	entier	10	69	10

fuel(=20), charbon(=30) bois(=40) électricité(=50),
réseau(=60)
IdFluide_a val identificateur du fluide aval :
1 eau, 2 air

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Typo_eme- tteur	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 Idf _{onction} = 1 (chauffage) Syst_Thermo_CH =	
	1 : Val_util_max = 1.51	
Val_util_m- ax	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 Idf _{onction} = 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_GUEc ch(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	réel

	mode refroidissement	
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.	W
Pgaz_cons_pc_pivot	On distingue la même variable en charge partielle 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_pivot_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_pivot_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 226 : 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

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 $0.9 \times$ valeur justifiée,
- déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $\min(0.8 \text{ Valeur déclarée ; Val_util_max})$,
- par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $(0.8 \text{ Val_util_max})$.

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 $0.9 \times$ 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.

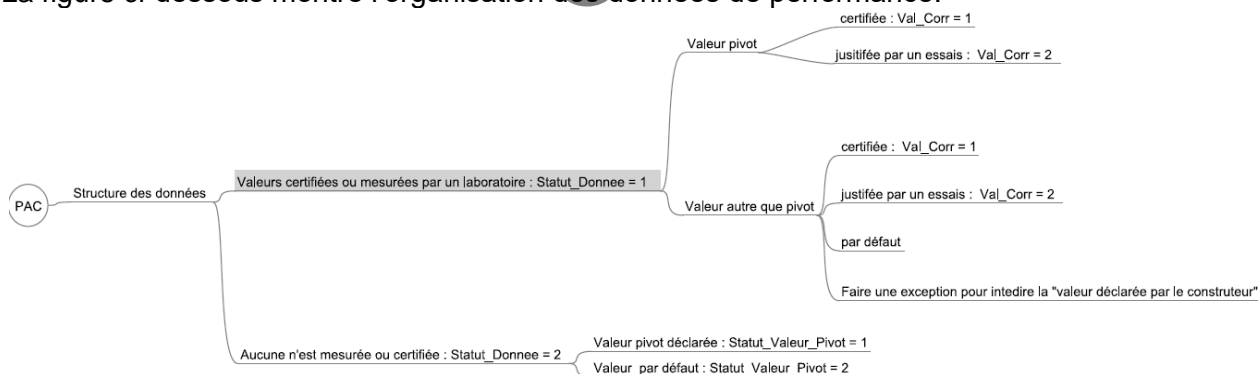
la correction est faite automatiquement.

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 auxiliaires est la puissance des auxiliaires internes de la machine (contrôle commande, brûleur, pompe de solution), ainsi que tout ou partie de la puissance des auxiliaires 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.

8.23.3.2 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.

$$Q_{Req_act} = \frac{Q_{Req(h)}}{Rdim} \quad (1280)$$

8.23.3.3 *Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode chauffage (Idfonction = 1)*

8.23.3.3.1 *GAHP air / eau classique*

Syst_Thermo_CH = 1

Idfougen = 1 IdFluide_aval = 1

8.23.3.3.1.1 *Détermination des GUE_{ch}*

La matrice de performances (GUE_{ch}) des machines air / eau est la suivante.

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)					Cnn aval	
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	-15	-7	2	7	20		
				5	2	3	1	4		
35	25	30	4						1,05	30/35
40	30	35	3						1,15	35/45
50	40	45	1						1	
55	45	50	2						0,95	50/45
		Cnn amont		0,9	0,85	0,95	1	1,15		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 134 : 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 227 : Températures aux sources

8.23.3.3.1.1.1 *Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)*

<p>Si statut_données = 1</p> <p>∀icol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValGUEch(icol, ilign) = ValGUEch(icol, ilign)</p> <p>∀icol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValGUEch(icol, ilign) = ValGUEch(icol, ilign)*0,9</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p> Si statut_valeur_pivot = 1</p> <p> ValGUE_pivot_inter = min{0,8*ValGUEch_pivot; Val_util_max}</p> <p> ValGUEch(4,3) = ValGUE_pivot_inter</p> <p> Si statut_valeur_pivot = 2</p> <p> ValGUE_pivot_inter = 0,8 * Val_util_max</p> <p> ValGUEch(4,3) = ValGUE_pivot_inter</p>	
--	--

8.23.3.3.1.1.2 *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 $\{ValGUEch(4,2)\} = 0$

$\{ValGUEch(4,2)\} = \{ValGUEch(4,3)\} * Cnnav_GUEch(35, 45)$

si $\{ValGUEch(4,1)\} = 0$

$\{ValGUEch(4,1)\} = \{ValGUEch(4,2)\}$

si $\{ValGUEch(4,4)\} = 0$

$\{ValGUEch(4,4)\} = \{ValGUEch(4,3)\} * Cnnav_GUEch(50, 45)$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à N_{aval} ,

si $\{ValGUEch(3,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(3,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(4,l_{\text{ign}})\} * Cnnam_GUEch(2, 7)$

si $\{ValGUEch(2,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(2,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(3,l_{\text{ign}})\} * Cnnam_GUEch(-7, 2)$

si $\{ValGUEch(1,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(1,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(2,l_{\text{ign}})\} * Cnnam_GUEch(-15, -7)$

si $\{ValGUEch(5,1)\} = 0$

$\{ValGUEch(5,1)\} = \{ValGUEch(4,1)\}$

si $\{ValGUEch(5,2)\} = 0$

$\{ValGUEch(5,2)\} = \{ValGUEch(4,2)\}$

si $\{ValGUEch(5,l_{\text{ign}})\} = 0$

$\{ValGUEch(5,l_{\text{ign}})\} = \{ValGUEch(4,l_{\text{ign}})\} * Cnnam_GUEch(20, 7)$

8.23.3.3.1.3 Calcul du gue 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,

$$i_{\theta_{av}}1 = i_{\theta_{aval}} - 1$$

$$i_{\theta_{av}}2 = i_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av}1 = Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}}1)$$

$$\theta_{av}2 = Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}}2)$$

Coupure de la boucle 'pour'

Calculs des coefficients d'interpolation

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am}1}{\theta_{am}2 - \theta_{am}1}$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av}1}{\theta_{av}2 - \theta_{av}1}$$

Calcul de la performance

$$GUEch_pc(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValGUEch(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.3.1.2 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 135 : Matrice des puissances absorbées pour les machine air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 45.

8.23.3.3.1.2.1 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 $\{\text{ValPabs}(4,2)\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(4,2)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnav_Pabs}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPabs}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(4,1)\} = \{\text{ValPabs}(4,2)\} * \text{Cnav_Pabs}(30, 35)$$

si $\{\text{ValPabs}(4,4)\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(4,4)\} = \{\text{ValPabs}(4,3)\} * \text{Cnav_Pabs}(50, 45)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à N_{eaval} ,

si $\{\text{ValCOP}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Pabs}(2, 7)$$

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 $\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Pabs}(20, 7)$$

8.23.3.3.1.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pgazcons_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.23.3.3.1.3 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 136 : 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.

8.23.3.3.1.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

<p>Si statut_données = 1</p> <p>$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) =, \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign})$</p> <p>$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) =, \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) * 1, 1$</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p> Si statut_Paux_pivot = 1</p> <p> $\text{ValPaux}_{\text{pivot_inter}} = \max\{1, 2 * \text{ValPauxch}_{\text{pivot}}; 0, 0416 * \text{ValPabs}(4, 3)\}$</p> <p> $\text{ValPauxch}(4, 3) = \text{ValPaux_pivot_inter}$</p> <p> Si statut_paux_pivot = 2</p> <p> $\text{ValPaux_pivot_inter} = \max(500 ; 0, 05 * \text{ValPabs}(4, 3))$</p> <p> $\text{ValPauxch}(4, 3) = \text{ValPaux_pivot_inter}$</p>	
--	--

8.23.3.3.1.3.2 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 $\{\text{ValPaux}(4, 2)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, 2)\} = \{\text{ValPaux}(4, 3)\} * \text{Cnnav_Paux}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPaux}(4, 1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, 1)\} = \{\text{ValPaux}(4, 2)\} * \text{Cnnav_Paux}(30, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(4, 4)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, 4)\} = \{\text{ValPaux}(4, 3)\} * \text{Cnnav_Paux}(50, 45)$$

2. les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta \text{aval}}$,

si $\{\text{ValPaux}(3, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lalign})\} * \text{Cnnam_Paux}(2, 7)$$

si $\{\text{ValPaux}(2, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(3, \text{lalign})\} * \text{Cnnam_Paux}(-7, 2)$$

si $\{\text{ValPaux}(1, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(2, \text{lalign})\} * \text{Cnnam_Paux}(-15, -7)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lalign})\} * \text{Cnnam_Paux}(20, 7)$$

8.23.3.3.1.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.3.1.4 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 $\text{Lim_Theta} = 0$

$$\text{Pfou_pc}(h) = \text{Pfou_pc_brut}(h)$$

$$\text{Q}_{\text{rest_act}} = \max\{0; \text{Q}_{\text{req_act}} - \text{Pfou_pc}(h)\}$$

sinon si $\text{Lim_Theta} = 1$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Theta_min_am}$ **ou** si $\theta_{\text{aval}}(h) > \text{Theta_max_av}$

$$\text{Q}_{\text{rest_act}} = \text{Q}_{\text{req_act}}$$

$$\text{Pfou_pc}(h) = 0$$

sinon si $\text{Lim_Theta} = 2$ **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Theta_min_am}$ **et** si $\theta_{\text{aval}}(h) > \text{Theta_max_av}$

$$\text{Q}_{\text{rest_act}} = \text{Q}_{\text{req_act}}$$

$$\text{Pfou_pc}(h) = 0$$

8.23.3.3.1.5 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.

8.23.3.3.2 GAHP air / eau haute température

Syst_Thermo_CH = 2

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.23.3.3.2.1 Détermination des GUE_{ch}

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)					Cnn	
Tdépart	Tretour	Taval		-15	-7	2	7	20		
			Priorité	5	2	3	1	4		
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 137 : 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 228 : Températures aux sources

8.23.3.3.2.1.1 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 § 8.23.3.3.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUEch(4,3) = ValGUE_{pivot_inter}$	

8.23.3.3.2.1.2 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

$$\{\text{ValGUEch}(4,2)\} = \{\text{ValGUEch}(4,3)\} * \text{Cnav_GUEch}(35, 45)$$

si {ValGUEch(4,1)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,1)\} = \{\text{ValGUEch}(4,2)\}$$

si {ValGUEch(4,4)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,4)\} = \{\text{ValGUEch}(4,3)\} * \text{Cnav_GUEch}(50, 45)$$

si {ValGUEch(4,5)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(4,5)\} = \{\text{ValGUEch}(4,4)\} * \text{Cnav_GUEch}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

si {ValGUEch(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(3,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(4,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(2, 7)$$

si {ValGUEch(2,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(2,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(3,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(-7, 2)$$

si {ValGUEch(1,lalign)} = 0

$$\{\text{ValGUEch}(1,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(2,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(-15, -7)$$

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

$$\{\text{ValGUEch}(5,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(4,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(20, 7)$$

8.23.3.3.2.1.3 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 §8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\begin{aligned} \text{GUEch_pc}(h) = & (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} \\ & + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\} \end{aligned}$$

8.23.3.3.2.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines air / eau est la suivante :

T aval (eau)			Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	-15	-7	2	7	20	
35	25	30	4	5	2	3	1	4	1
40	30	35	3						1
50	40	45	1						1
55	45	50	5						1
65	55	60	2						1
				1	1,03	1,06	1	1	
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7	

Figure 138 : 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.

8.23.3.3.2.2.1 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

$$\{ValPabs(4,2)\} = \{ValPabs(4,3)\} * Cnnav_Pabs(35, 45)$$

si {ValPabs(4,1)} = 0

$$\{ValPabs(4,1)\} = \{ValPabs(4,2)\} * Cnnav_Pabs(30, 35)$$

si {ValPabs(4,4)} = 0

$$\{ValPabs(4,4)\} = \{ValPabs(4,3)\} * Cnnav_Pabs(50, 45)$$

si {ValPabs(4,5)} = 0

$$\{ValPabs(4,5)\} = \{ValPabs(4,4)\} * Cnnav_Pabs(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lline allant de 1 à N_{gaval}

si {ValCOP(3,lline)} = 0

$$\{ValPabs(3,lline)\} = \{ValPabs(4,lline)\} * Cnnam_Pabs(2, 7)$$

si {ValPabs(2,lline)} = 0

$$\{ValPabs(2,lline)\} = \{ValPabs(3,lline)\} * Cnnam_Pabs(-7, 2)$$

si {ValPabs(1,lline)} = 0

$$\{ValPabs(1,lline)\} = \{ValPabs(2,lline)\} * Cnnam_Pabs(-15, -7)$$

si {ValPabs(5,lline)} = 0

$$\{ValPabs(5,lline)\} = \{ValPabs(4,lline)\} * Cnnam_Pabs(20, 7)$$

8.23.3.3.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPabs(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPabs(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.3.2.3 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 139 : 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.

8.23.3.3.2.3.1 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 §8.23.3.3.1.3.1	
Si statut_données = 2	
$ValPauxch(4,3) = ValPaux_pivot_inter$	

8.23.3.3.2.3.2 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

$$\{\text{ValPaux}(4,2)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnnav_Paux}(35, 45)$$

si {ValPaux(4,1)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,1)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnnav_Paux}(30, 35)$$

si {ValPaux(4,4)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,4)\} = \{\text{ValPaux}(4,3)\} * \text{Cnnav_Paux}(50, 45)$$

si {ValPaux(4,5)} = 0

$$\{\text{ValPaux}(4,5)\} = \{\text{ValPaux}(4,4)\} * \text{Cnnav_Paux}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

si {ValPaux(3,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(3,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(4,l_{lign})\} * \text{Cnnav_Paux}(2, 7)$$

si {ValPaux(2,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(2,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(3,l_{lign})\} * \text{Cnnav_Paux}(-7, 2)$$

si {ValPaux(1,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(1,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(2,l_{lign})\} * \text{Cnnav_Paux}(-15, -7)$$

si {ValPaux(5,l_{lign})} = 0

$$\{\text{ValPaux}(5,l_{lign})\} = \{\text{ValPaux}(4,l_{lign})\} * \text{Cnnav_Paux}(20, 7)$$

8.23.3.3.2.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.3.2.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

8.23.3.3.3 GAHP eau glycolée / eau classique

Syst_Thermo_CH = 3

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.23.3.3.3.1 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 140 : 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 229 : Températures aux sources

8.23.3.3.3.1.1 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 § 8.23.3.3.1.1.1 Si statut_données = 2	
$ValGUEch(1,3) = ValGUE_{pivot_inter}$	

8.23.3.3.3.1.2 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 $\{\text{ValGUEch}(1,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(1,2)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnav_GUEch}(35, 45)$$

si $\{\text{ValGUEch}(1,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(1,1)\} = \{\text{ValGUEch}(1,2)\} * \text{Cnav_GUEch}(30, 35)$$

si $\{\text{ValGUEch}(1,4)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(1,4)\} = \{\text{ValGUEch}(1,3)\} * \text{Cnav_GUEch}(50, 45)$$

2. les lignes sont complétées

si $\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = \{\text{ValGUEch}(1,2)\} * \text{Cnam_GUEch}(2,5, -2,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

Pour lalign allant de 1 à 2

si $\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\}$$

Pour lalign allant de 3 à N_{gaval}

si $\{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(1,\text{lalign})\} * \text{Cnam_GUEch}(2,5, -2,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(2,\text{lalign})\} * \text{Cnam_GUEch}(7,5, 2,,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(3,\text{lalign})\} * \text{Cnam_GUEch}(12,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValGUEch}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnam_GUEch}(17,5, 12,5)$$

8.23.3.3.1.3 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 §8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\text{GUEch_pc}(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 1)\} \\ + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 2)\}$$

8.23.3.3.3.2 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 141 : 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.

8.23.3.3.3.2.1 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

$$\{\text{ValPabs}(1,2)\} = \{\text{ValPabs}(1,3)\} * \text{Cnav_Pabs}(35, 45)$$

si {ValPabs(1,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,1)\} = \{\text{ValPabs}(1,2)\} * \text{Cnav_Pabs}(30, 35)$$

si {ValPabs(1,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,4)\} = \{\text{ValPabs}(1,3)\} * \text{Cnav_Pabs}(50, 45)$$

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 $\{ValPabs(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(5, l_{ign})\} = \{ValPabs(4, l_{ign})\} * C_{nam_Pabs}(12, 5, 17, 5)$$

8.23.3.3.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons_pc(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.3.3.3 Détermination 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	2						1	50/45
				1	1	1	1	1		
					2,5/-	7,5/2,5	12,5/7,5	17,5/12,5		

Figure 142 : 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.

8.23.3.3.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

<p>Si statut_données = 1</p> <p>$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) =, \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign})$</p> <p>$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) =, \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxch}(\text{icol, ilign}) * 1, 1$</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p> Si statut_Paux_pivot = 1</p> <p> $\text{ValPaux}_{\text{pivot_inter}} = \max\{1, 2 * \text{ValPauxch}_{\text{pivot}}; 0, 0167 * \text{ValPabs}(1, 3)\}$</p> <p> $\text{ValPauxch}(1, 3) = \text{ValPaux_pivot_inter}$</p> <p> Si statut_paux_pivot = 2</p> <p> $\text{ValPaux_pivot_inter} = \max(250 ; 0, 02 * \text{ValPabs}(1, 3))$</p> <p> $\text{ValPauxch}(1, 3) = \text{ValPaux_pivot_int}$</p>	
--	--

8.23.3.3.3.2 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 $\{\text{ValPaux}(1, 2)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, 2)\} = \{\text{ValPaux}(1, 3)\} * \text{Cnav_Paux}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPaux}(1, 1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, 1)\} = \{\text{ValPaux}(1, 2)\} * \text{Cnav_Paux}(30, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(1, 4)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, 4)\} = \{\text{ValPaux}(1, 3)\} * \text{Cnav_Paux}(50, 45)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lline allant de 1 à $N_{\theta \text{aval}}$,

si $\{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(1, \text{lign})\} * \text{Cnam_Paux}(2, 5, -2, 5)$$

si $\{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(2, \text{lign})\} * \text{Cnam_Paux}(7, 5, 2, 5)$$

si $\{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(3, \text{lign})\} * \text{Cnam_Paux}(12, 5, 7, 5)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, \text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lign})\} * \text{Cnam_Paux}(17, 5, 12, 5)$$

8.23.3.3.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1 - C_{\theta \text{am}}) * (1 - C_{\theta \text{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta \text{am}} 1, i_{\theta \text{av}} 1)\} + C_{\theta \text{am}} * (1 - C_{\theta \text{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta \text{am}} 2, i_{\theta \text{av}} 1)\} +$$

$$C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{ValPaux(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{ValPaux(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.3.3.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

Version du 04/08/20

8.23.3.3.4 GAHP eau glycolée / eau haute température

Syst_Thermo_CH = 4

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.23.3.3.4.1 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		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	1	2	3	4	5	Cnn aval	
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 143 : 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 230 : Températures aux sources

8.23.3.3.4.1.1 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 §8.23.3.3.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUEch(1,3) = ValGUE_{pivot_inter}$	

8.23.3.3.4.1.2 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_{ign} allant de 1 à 2,

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2, l_{\text{ign}})\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(4, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(4, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2, l_{\text{ign}})\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEch}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEch}(2, l_{\text{ign}})\}$$

Pour l_{ign} 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

$$\{ValGUEch(5,lign)\} = \{ValGUEch(4,lign)\} * C_{nam_GUEch}(17,5, 12,5)$$

8.23.3.3.4.1.3 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 §8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEch_pc(h) = (1-C_{\theta am}) * (1-C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} \\ + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValGUEch(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValGUEch(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.3.4.2 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 144 : 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.

8.23.3.3.4.2.1 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 $\{ValPabs(1,2)\} = 0$

$$\{ValPabs(1,2)\} = \{ValPabs(1,3)\} * C_{nav_Pabs}(35, 45)$$

si $\{ValPabs(1,1)\} = 0$

$$\{ValPabs(1,1)\} = \{ValPabs(1,2)\} * C_{nav_Pabs}(30, 35)$$

si $\{ValPabs(1,4)\} = 0$

$$\{ValPabs(1,4)\} = \{ValPabs(1,3)\} * C_{nav_Pabs}(50, 45)$$

si $\{ValPabs(1,5)\} = 0$

$$\{ValPabs(1,5)\} = \{ValPabs(1,4)\} * C_{nav_Pabs}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

si $\{ValPabs(2,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(2,l_{ign})\} = \{ValPabs(1,l_{ign})\} * C_{nam_Pabs}(2,5, -2,5)$$

si $\{ValPabs(3,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(3,l_{ign})\} = \{ValPabs(2,l_{ign})\} * C_{nam_Pabs}(7,5, 2,5)$$

si $\{ValPabs(4,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(4,l_{ign})\} = \{ValPabs(3,l_{ign})\} * C_{nam_Pabs}(12,5, 7,5)$$

si $\{ValPabs(5,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPabs(5,l_{ign})\} = \{ValPabs(4,l_{ign})\} * C_{nam_Pabs}(17,5, 12,5)$$

8.23.3.3.4.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons_pc(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.3.4.3 Détermination 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 avar (eau)		Taval	Priorité	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour			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 145 : 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.

8.23.3.3.4.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

<p>Si statut_données = 1</p> <p>∀icol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValPauxch(icol, ilign) = ValPauxch(icol, ilign)</p> <p>∀icol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValPauxch(icol, ilign) = ValPauxch(icol, ilign)*1,1</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p> Si statut_Paux_pivot = 1</p> <p> $ValPaux_{pivot_inter} = \max\{1,2*ValPauxch_{pivot}; 0,0167*ValPabs(1,3)\}$</p> <p> $ValPauxch(1,3) = ValPaux_pivot_inter$</p> <p> Si statut_paux_pivot = 2</p> <p> $ValPaux_pivot_inter = \max(250 ; 0,02 * ValPabs(1,3))$</p> <p> $ValPauxch(1,3) = ValPaux_pivot_inter$</p>	
---	--

8.23.3.3.4.3.2 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 {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_{θ_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

$$\{ValPaux(5,lalign)\} = \{ValPaux(4,lalign)\} * Cnam_Paux(17,5, 12,5)$$

8.23.3.3.4.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{\text{ValPaux}(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.3.4.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

Version du 04/08/20

8.23.3.3.5 GAHP eau / eau

Syst_Thermo_CH = 5

Idfougen = 1

IdFluide_aval = 1

8.23.3.3.5.1 Détermination des GUE_{ch}

La matrice de performances des machines eau / eau est la suivante.

				Tamont (eau de nappe ou de					
T aval (eau)			Tam >	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	2	1	3	4	Cnn	
35	25	30	4					1,05	30/35
40	30	35	3					1,05	35/45
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 146 : 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 231 : Températures aux sources

8.23.3.3.5.1.1 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 § 8.23.3.3.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUEch(2,3) = ValGUE_{pivot_inter}$	

8.23.3.3.5.1.2 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 $\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,2)\} = \{\text{ValGUEch}(2,3)\} * \text{Cnav_GUEch}(35,45)$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,1)\} = \{\text{ValGUEch}(2,2)\}$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,4)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,4)\} = \{\text{ValGUEch}(2,3)\} * \text{Cnav_GUEch}(50, 45)$$

si $\{\text{ValGUEch}(2,5)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(2,5)\} = \{\text{ValGUEch}(2,4)\} * \text{Cnav_GUEch}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{\text{ValGUEch}(1,lalign)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(1,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(2,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(2,5, 7,5)$$

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 $\{\text{ValGUEch}(3,lalign)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(3,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(2,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(12,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValGUEch}(4,lalign)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEch}(4,lalign)\} = \{\text{ValGUEch}(3,lalign)\} * \text{Cnam_GUEch}(17,5, 12,5)$$

8.23.3.3.5.1.3 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 §8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\text{GUEch_pc}(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 1)\} \\ + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 2)\}$$

8.23.3.3.5.2 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 147 : Matrice des puissances absorbées pour les machine eau / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7,5 ; Tav = 45.

8.23.3.3.5.2.1 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

$$\{\text{ValPabs}(2,2)\} = \{\text{ValPabs}(2,3)\} * \text{Cnnav_Pabs}(35, 45)$$

si {ValPabs(2,1)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,1)\} = \{\text{ValPabs}(2,2)\} * \text{Cnnav_Pabs}(30, 35)$$

si {ValPabs(2,4)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,4)\} = \{\text{ValPabs}(2,3)\} * \text{Cnnav_Pabs}(50, 45)$$

si {ValPabs(2,5)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(2,5)\} = \{\text{ValPabs}(2,4)\} * \text{Cnnav_Pabs}(60, 50)$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta av}$,

si {ValPabs(1,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(1,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(2,lalign)\} * \text{Cnnam_Pabs}(2,5, 7,5)$$

si {ValPabs(3,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(3,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(2,lalign)\} * \text{Cnnam_Pabs}(7,5, 12,5)$$

si {ValPabs(4,lalign)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,lalign)\} = \{\text{ValPabs}(3,lalign)\} * \text{Cnnam_Pabs}(12,5, 17,5)$$

8.23.3.3.5.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Pgazcons_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPabs(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPabs(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.3.5.3 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	Priorité	2,5	7,5	12,5	17,5		
				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 148 : 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.

8.23.3.3.5.3.1 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 §8.23.3.3.1.3.1	
Si statut_données = 2	
ValPauxch(2,3) = ValPaux_pivot_interSi statut_	

8.23.3.3.5.3.2 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 $\{\text{ValPaux}(2,2)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2,2)\} = \{\text{ValPaux}(2,3)\} * \text{Cnav_Paux}(35, 45)$$

si $\{\text{ValPaux}(2,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2,1)\} = \{\text{ValPaux}(2,2)\} * \text{Cnav_Paux}(30, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(2,4)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2,4)\} = \{\text{ValPaux}(2,3)\} * \text{Cnav_Paux}(50, 45)$$

si $\{\text{ValPaux}(2,5)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2,5)\} = \{\text{ValPaux}(2,4)\} * \text{Cnav_Paux}(60, 50)$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$

si $\{\text{ValPaux}(1, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(2,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(7,5, 12,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(4, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(3, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(12,5, 17,5)$$

8.23.3.3.5.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.23.3.3.5.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

8.23.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode ECS (Idfonction = 3)

8.23.3.4.1 GAHP air / eau

Syst_Thermo_ECS = 1

Idfougen = 3

IdFluide_aval = 1

8.23.3.4.1.1 Détermination des GUE_{ECS}

T aval (eau)			Tam >	Tamont (air extérieur)					Cnn aval	
Tdépart	Tretour	Taval		Priorité	-15	-7	2	7	20	
35	25	30	5	5	2	3	1	4		
40	30	35	4						1,05	30/35
50	40	45	3						1,05	35/45
55	45	50	2						1,05	45/50
65	55	60	1						1,15	50/60
Cnn amont				0,8	0,9	0,9	1	1,1		
				-15/-7	-7/2	2/7		20/7		

Figure 149 : 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 232 : Températures aux sources

8.23.3.4.1.1.1 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

8.23.3.4.1.1.2 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.

$$\text{GUE}_{\text{Crit}} = \{\text{ValGUEch}(4,2)\}$$

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 :

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,4)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,5)\} * \text{Cnn}_{\text{nav_GUEecs}}(50, 60)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,3)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,4)\} * \text{Cnn}_{\text{nav_GUEecs}}(45, 50)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,3)\} * \text{Cnn}_{\text{nav_GUEecs}}(35, 45)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(4,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(4,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,2)\}$$

2. les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à N_{gaval} ,

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnn}_{\text{am_GUEecs}}(2, 7)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnn}_{\text{am_GUEecs}}(-7, 2)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEecs}(1, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(1, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnn}_{\text{am_GUEecs}}(-15, -7)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(5,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,1)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(5,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(4,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEch}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEecs}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnn}_{\text{am_GUEecs}}(20, 7)$$

8.23.3.4.1.1.3 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 §8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$\text{GUEcs_pc}(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 1)\} \\ + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{\text{ValGUEch}(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 2)\}$$

8.23.3.4.1.2 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 150 : Matrice des puissances absorbées pour les machine air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour tam = 7 ; Tav = 60.

8.23.3.4.1.2.1 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

$$\{\text{ValPabs}(4,4)\} = \{\text{ValPabs}(4,5)\} * \text{Cnav_Pabs}(50, 60)$$

si {ValPabs(4,3)} = 0

$$\{\text{ValPabs}(4,3)\} = \{\text{ValPabs}(4,4)\} * \text{Cnav_Pabs}(45, 50)$$

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_{lign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$

si $\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(3, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam_Pabs}(2, 7)$$

si $\{\text{ValPabs}(2, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(2, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(3, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam_Pabs}(-7, 2)$$

si $\{\text{ValPabs}(1, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(1, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(2, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam_Pabs}(-15, -7)$$

si $\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{lign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(5, l_{\text{lign}})\} = \{\text{ValPabs}(4, l_{\text{lign}})\} * \text{Cnam_Pabs}(20, 7)$$

8.23.3.4.1.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pgazcons_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.23.3.4.1.3 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	Priorité	-15	-7	2	7	20		
				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 151 : Matrice de performance des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $t_{\text{am}} = 7$; $T_{\text{av}} = 60$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.23.3.4.1.3.1 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 §8.23.3.3.1.3.1

Si statut_données = 2

$$ValPauxECS(4,5) = ValPaux_{pivot_inter}$$

8.23.3.4.1.3.2 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 l_{lign} allant de 1 à N_{θ_{aval}}

si {ValPaux(3,l_{lign})} = 0

$$\{ValPaux(3,l_{lign})\} = \{ValPaux(4,l_{lign})\} * Cnam_Paux(2, 7)$$

si {ValPaux(2,l_{lign})} = 0

$$\{ValPaux(2,l_{lign})\} = \{ValPaux(3,l_{lign})\} * Cnam_Paux(-7, 2)$$

si {ValPaux(1,l_{lign})} = 0

$$\{ValPaux(1,l_{lign})\} = \{ValPaux(2,l_{lign})\} * Cnam_Paux(-15, -7)$$

si {ValPaux(5,l_{lign})} = 0

$$\{ValPaux(5,l_{lign})\} = \{ValPaux(4,l_{lign})\} * Cnam_Paux(20, 7)$$

8.23.3.4.1.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Paux_{pc}(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPaux(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPaux(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPaux(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPaux(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.4.1.4 *Calcul des puissances fournies à pleine charge*

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

Version du 04/08/20

8.23.3.4.2 GAHP eau glycolée / eau

Syst_Thermo_ECS = 2

Idfougen = 3

IdFluide_aval = 1

8.23.3.4.2.1 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	2	3	4	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 152 : 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 233 : Températures aux sources

8.23.3.4.2.1.1 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 §8.23.3.4.1.1.1	
Si statut_données = 2	
$ValGUEecs(1,5) = ValGUE_pivot_inter$	

8.23.3.4.2.1.2 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 $17,5^{\circ}\text{C}$. En l'absence de valeurs de GUE_{ECS} au delà de T_{amont} $17,5^{\circ}\text{C}$, le GUE à $17,5^{\circ}\text{C}$ est utilisé. Si un GUE_{ECS} au delà de $17,5^{\circ}\text{C}$ est fourni, par exemple à 35°C , le GUE_{ECS} de calcul à $17,5^{\circ}\text{C}$ 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 $\{\text{ValGUEecs}(1,4)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(1,4)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,5)\} * \text{Cnnav_GUEecs}(50, 60)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(1,3)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(1,3)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,4)\} * \text{Cnnav_GUEecs}(45, 50)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(1,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(1,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,3)\} * \text{Cnnav_GUEecs}(35, 45)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(1,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(1,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,2)\} * \text{Cnnav_GUEecs}(30, 35)$$

2) les lignes sont complétées

si $\{\text{ValGUEecs}(2,2)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(2,2)\} = \{\text{ValGUEecs}(1,2)\} * \text{Cnnam_GUEecs}(2,5, -2,5)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(2,1)\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(2,1)\} = \{\text{ValGUEecs}(2,2)\}$$

Pour l_{ign} allant de 1 à 2

si $\{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\}$$

si $\{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\}$$

si $\{\text{ValGUEecs}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\}$$

Pour l_{ign} allant de 3 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$

si $\{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(1, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnnam_GUEecs}(2,5, -2,5)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(2, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnnam_GUEecs}(7,5, 2,,5)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(3, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnnam_GUEecs}(12,5, 7,5)$$

si $\{\text{ValGUEecs}(5, l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValGUEecs}(5, l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValGUEecs}(4, l_{\text{ign}})\} * \text{Cnnam_GUEecs}(17,5, 12,5)$$

Version du 04/08/20

8.23.3.4.2.1.3 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 §8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEecs_pc(h) = (1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValGUEch(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 1)\} \\ + C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValGUEch(i_{\theta am} 1, i_{\theta av} 2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValGUEch(i_{\theta am} 2, i_{\theta av} 2)\}$$

8.23.3.4.2.2 Calcul des puissances gaz absorbées à pleine charge

La matrice des puissances absorbées des machines eau glycolée / eau est la suivante :

T aval (eau)			Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Tam > Priorité	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	
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 153 : 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.

8.23.3.4.2.2.1 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 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

$$\{\text{ValPabs}(5,\text{lalign})\} = \{\text{ValPabs}(4,\text{lalign})\} * \text{Cnam_Pabs}(17,5, 12,5)$$

8.23.3.4.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pgazcons_pc}(h) = (1 - C_{\theta\text{am}}) * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{am}} * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{av}} * (1 - C_{\theta\text{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}2)\} + C_{\theta\text{am}} * C_{\theta\text{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}2)\}$$

8.23.3.4.2.3 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)		Taval	Tam >	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5		
Tdépart	Tretour			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 154 : 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.

8.23.3.4.2.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

<p>Si statut_données = 1</p> <p>Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValPauxecs(icol, ilign) = ValPauxecs(icol, ilign)</p> <p>Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValPauxecs(icol, ilign) = ValPauxecs(icol, ilign)*1,1</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p> Si statut_Paux_pivot = 1</p> <p> ValPaux_{pivot_inter} = max{1,2*ValPauxecs_{pivot}; 0,0167*ValPabs(1,5))}</p> <p> ValPauxecs(1,5) = ValPaux_pivot_inter</p> <p> Si statut_paux_pivot = 2</p> <p> ValPaux_pivot_inter = max(250 ; 0,02 * ValPabs(1,5))</p> <p> ValPauxecs(1,5) = ValPaux_pivot_inter</p>	
--	--

8.23.3.4.2.3.2 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°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(1,4)} = 0

{ValPaux(1,4)} = {ValPaux(1,5)} * Cnav_Paux(50, 60)

si {ValPaux(1,3)} = 0

{ValPaux(1,3)} = {ValPaux(1,4)} * Cnav_Paux(45, 50)

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)

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

si $\{ValPaux(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPaux(2, l_{ign})\} = \{ValPaux(1, l_{ign})\} * C_{nam_Paux}(2, 5, -2, 5)$$

si $\{ValPaux(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPaux(3, l_{ign})\} = \{ValPaux(2, l_{ign})\} * C_{nam_Paux}(7, 5, 2, 5)$$

si $\{ValPaux(4, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPaux(4, l_{ign})\} = \{ValPaux(3, l_{ign})\} * C_{nam_Paux}(12, 5, -7, 5)$$

si $\{ValPaux(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValPaux(5, l_{ign})\} = \{ValPaux(4, l_{ign})\} * C_{nam_Paux}(17, 5, 12, 5)$$

8.23.3.4.2.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$Paux_{pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPaux(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPaux(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValPaux(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValPaux(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.4.2.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

8.23.3.4.3 **GAHP eau / eau**

Syst_Thermo_ECS = 3

Idfougen = 3

IdFluide_aval = 1

8.23.3.4.3.1 *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.

8.23.3.4.3.2 *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.

8.23.3.4.3.3 *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.

8.23.3.4.3.4 *Calcul des puissances fournies à pleine charge*

On applique la procédure des machines air / eau, voir §8.23.3.3.1.4

8.23.3.5 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode refroidissement ($Id_{fonction} = 2$)

8.23.3.5.1 Refroidisseurs air / eau

Syst_Thermo_FR = 1

Idfougen = 2

IdFluide_aval = 1

8.23.3.5.1.1 Détermination des GUE_{fr}

La matrice de performances des machines air / eau est la suivante.

T aval (eau)				Tamont (air extérieur)						
Tdépart	Tretour	Taval	Priorité	5	15	25	35	45		
1,5	6,5	4	5	5	4	3	1	2	Cnn	
7	12	9,5	1						0,9	4/9,5
12,5	17,5	15	3						1	
18	23	20,5	2						1,1	15/9,5
23,5	28,5	26	4						1,1	20,5/15
Cnn amont				1,15	1,15	1,2	1	0,8	1,1	26/20,5
				5/15	15/25	25/35		45/35		

Figure 155 : 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 234 : Températures aux sources

8.23.3.5.1.1.1 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	
Vicol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValGUEfr(icol, ilign) = ValGUEfr(icol, ilign)	
Vicol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValGUEfr(icol, ilign) = ValGUEfr(icol, ilign)*0,9	
Si statut_données = 2	
Si statut_valeur_pivot = 1	
ValGUE_pivot_inter = min{0,8*ValGUEfr_pivot; Val_util_max}	
ValGUEfr(4,2) = ValGUE_pivot_inter	
Si statut_valeur_pivot = 2	

$ValGUE_{pivot_{inter}} = 0,8 * Val_{util_max}$ $ValGUE_{fr(4,2)} = ValGUE_{pivot_inter}$	
---	--

8.23.3.5.1.1.2 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 = {ValGUEch(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 :

si {ValGUEfr(4,1)} = 0

$$\{ValGUEfr(4,1)\} = \{ValGUEfr(4,2)\} * Cnn_{av_GUEfr}(4, 9.5)$$

si {ValGUEfr(4,3)} = 0

$$\{ValGUEfr(4,3)\} = \{ValGUEfr(4,2)\} * Cnn_{av_GUEfr}(15, 9.5)$$

si {ValGUEfr(4,4)} = 0

$$\{ValGUEfr(4,4)\} = \{ValGUEfr(4,3)\}$$

si {ValGUEfr(4,5)} = 0

$$\{ValGUEfr(4,5)\} = \{ValGUEfr(4,3)\}$$

2) les lignes sont complétées

Pour lalign allant de 3 à $N_{\theta_{aval}}$

si {ValGUEfr(3,lalign)} = 0

$$\{ValGUEfr(3, lalign)\} = \{ValGUEfr(4,3)\}$$

si {ValGUEfr(2, lalign)} = 0

$$\{ValGUEfr(2, lalign)\} = \{ValGUEfr(4,3)\}$$

si {ValGUEfr(1, lalign)} = 0

$$\{ValGUEfr(1, lalign)\} = \{ValGUEfr(4,3)\}$$

Pour lalign allant de 1 à 2,

si {ValGUEfr(3,lalign)} = 0

$$\{ValGUEfr(3,lalign)\} = \{ValGUEfr(4,lalign)\} * Cnn_{am_GUEfr}(25, 35)$$

si {ValGUEfr(2,lalign)} = 0

$$\{ValGUEfr(2,lalign)\} = \{ValGUEfr(3,lalign)\} * Cnn_{am_GUEfr}(15, 25)$$

si {ValGUEfr(1,lalign)} = 0

$$\{ValGUEfr(1,lalign)\} = \{ValGUEfr(2,lalign)\} * Cnn_{am_GUEfr}(5, 15)$$

Pour lalign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

si {ValGUEfr(5,lign)} = 0

$$\{ValGUEfr(5,lign)\} = \{ValGUEfr(4,lign)\} * C_{nam_GUEfr}(45, 35)$$

8.23.3.5.1.1.3 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 § 8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEfr_pc(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{ValGUEfr(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{ValGUEfr(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{ValGUEfr(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{ValGUEfr(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.5.1.2 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 156 : 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.

8.23.3.5.1.2.1 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

$$\{ValPabs(4,1)\} = \{ValPabs(4,2)\} * C_{nav_Pabs}(4, 9.5)$$

si {ValPabs(4,3)} = 0

$$\{ValPabs(4,3)\} = \{ValPabs(4,2)\} * C_{nav_Pabs}(15, 9.5)$$

si {ValPabs(4,4)} = 0

$$\{ValPabs(4,4)\} = \{ValPabs(4,3)\} * C_{nav_Pabs}(20.5, 15)$$

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'ign allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$,

si $\{\text{ValPabs}(3,\text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(3,\text{lign})\} = \{\text{ValPabs}(4,\text{lign})\} * \text{Cnam_Pabs}(25, 35)$$

si $\{\text{ValPabs}(2,\text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(2,\text{lign})\} = \{\text{ValPabs}(3,\text{lign})\} * \text{Cnam_Pabs}(15, 25)$$

si $\{\text{ValPabs}(1,\text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(1,\text{lign})\} = \{\text{ValPabs}(2,\text{lign})\} * \text{Cnam_Pabs}(5, 15)$$

si $\{\text{ValPabs}(5,\text{lign})\} = 0$

$$\{\text{ValPabs}(5,\text{lign})\} = \{\text{ValPabs}(4,\text{lign})\} * \text{Cnam_Pabs}(45, 35)$$

8.23.3.5.1.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pconsgaz_pc}(h) = (1 - C_{\theta\text{am}}) * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{am}} * (1 - C_{\theta\text{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}1)\} + C_{\theta\text{av}} * (1 - C_{\theta\text{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}1, i_{\theta\text{av}}2)\} + C_{\theta\text{am}} * C_{\theta\text{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta\text{am}}2, i_{\theta\text{av}}2)\}$$

8.23.3.5.1.3 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)			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
				0,9	0,9	0,9	1	1	
				5/15	15/25	25/35		45/35	

Figure 157 : Matrice des puissances électriques absorbées des machines air / eau

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 35 ; Tav = 9,5.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

8.23.3.5.1.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

<p>Si statut_données = 1</p> <p>$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) =, \text{ValPauxfr}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxfr}(\text{icol, ilign})$</p> <p>$\forall \text{icol, ilign} \rightarrow \text{siValCOR}(\text{icol, ilign}) =, \text{ValPauxcfr}(\text{icol, ilign}) = \text{ValPauxfr}(\text{icol, ilign}) * 1, 1$</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p> Si statut_Paux_pivot = 1</p> <p> $\text{ValPaux}_{\text{pivot_inter}} = \max\{1, 2 * \text{ValPauxfr}_{\text{pivot}}; 0, 0416 * \text{ValPabs}(4, 2)\}$</p> <p> $\text{ValPauxfr}(4, 2) = \text{ValPaux_pivot_inter}$</p> <p> Si statut_paux_pivot = 2</p> <p> $\text{ValPaux_pivot_inter} = \max(400 ; 0, 05 * \text{ValPabs}(4, 2))$</p> <p> $\text{ValPauxfr}(4, 2) = \text{ValPaux_pivot_inter}$</p>	
---	--

8.23.3.5.1.3.2 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 lalign allant de 1 à $N_{\theta \text{aval}}$,

si $\{\text{ValPaux}(3, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lalign})\} * \text{Cnam_Paux}(25, 35)$$

si $\{\text{ValPaux}(2, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(3, \text{lalign})\} * \text{Cnam_Paux}(15, 25)$$

si $\{\text{ValPaux}(1, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(2, \text{lalign})\} * \text{Cnam_Paux}(5, 15)$$

si $\{\text{ValPaux}(5, \text{lalign})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5, \text{lalign})\} = \{\text{ValPaux}(4, \text{lalign})\} * \text{Cnam_Paux}(45, 35)$$

8.23.3.5.1.3.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.5.1.4 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 $\theta_{\text{aval}}(h) < \text{Theta_min_av}$

$$Q_{\text{rest_act}} = Q_{\text{req_act}} \text{ et } \text{Pfou_pc}(h) = 0$$

8.23.3.5.1.5 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, $\text{Theta_min_av} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ indique que la machine ne peut pas fonctionner si la température départ réseau est inférieure à $5 \text{ } ^\circ\text{C}$. 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, $\text{Theta_max_am} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ indique que la machine ne fonctionne pas si la température extérieure est supérieure à $40 \text{ } ^\circ\text{C}$.

($\text{Theta_min_av} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\text{Theta_max_am} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$) indique que la machine ne fonctionne pas si les deux conditions sont simultanément remplies.

8.23.3.5.2 Refroidisseurs eau / eau

Syst_Thermo_FR = 2

Idfougen = 2

IdFluide_aval = 1

8.23.3.5.2.1 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 158 : 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
9.5°C
9.5°C, 20.5°C,
9.5°C, 15 °C, 20.5°C
9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26°C
4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26°C

Températures amont
32,5°C
32,5°C, 22,5°C,
32,5°C, 22,5°C, 12,5°C,
32,5°C, 22,5°C, 12,5°C, 2,5°C,
32,5°C, 22,5°C, 12,5°C, 2,5°C,
42,5°C,

Tableau 235 : Températures aux sources

8.23.3.5.2.1.1 Correction des valeurs de performance justifiées (une fois en début de simulation)

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.23.3.5.1.1.1

Si statut_données = 2

$$ValGUE_{fr}(4,2) = ValGUE_{pivot_inter}$$

8.23.3.5.2.1.2 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 :

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,1)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(4, 9.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,3)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(15, 9.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,4)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,3)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(20.5, 15)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(4,5)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(4,5)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,4)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(20.5, 26)$$

2) les lignes sont complétées

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,1)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,1)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,1)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(22,5, 32.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,2)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,2)\} = \{\text{ValGUEfr}(4,2)\} * \text{Cnnav_GUEfr}(22,5, 32.5)$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,3)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,3)\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,4)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,4)\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(3,5)\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(3,5)\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

Pour l'ign allant de 2 à N_{aval} ,

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(1, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(1, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(3,2)\}$$

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_{aval} ,

$$\text{si } \{\text{ValGUEfr}(5, \text{lign})\} = 0$$

$$\{\text{ValGUEfr}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValGUEfr}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnam_GUEfr}(42,5, 32,5)$$

8.23.3.5.2.1.3 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 § 8.23.3.3.1.1.3

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

On applique la procédure des machines air / eau, voir § 8.23.3.3.1.1.3

Calcul de la performance

$$GUEfr_pc(h) = (1-C_{\theta am})*(1-C_{\theta av})*\{ValGUEfr(i_{\theta am}1, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta am}*(1 - C_{\theta av})*\{ValGUEfr(i_{\theta am}2, i_{\theta av}1)\} + C_{\theta av}*(1 - C_{\theta am})*\{ValGUEfr(i_{\theta am}1, i_{\theta av}2)\} + C_{\theta am}*C_{\theta av}*\{ValGUEfr(i_{\theta am}2, i_{\theta av}2)\}$$

8.23.3.5.2.2 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 159 : 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.

8.23.3.5.2.2.1 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 $\{ValPabs(4,1)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,1)\} = \{ValPabs(4,2)\} * Cnnav_Pabs(4, 9.5)$$

si $\{ValPabs(4,3)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,3)\} = \{ValPabs(4,2)\} * Cnnav_Pabs(15, 9.5)$$

si $\{ValPabs(4,4)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,4)\} = \{ValPabs(4,3)\} * Cnnav_Pabs(20.5, 15)$$

si $\{ValPabs(4,5)\} = 0$

$$\{ValPabs(4,5)\} = \{ValPabs(4,4)\} * Cnnav_Pabs(26, 20.5)$$

- 2) les lignes sont complétées

Pour $lign$ allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

si $\{ValPabs(3,lign)\} = 0$

$$\{ValPabs(3,lign)\} = \{ValPabs(4,lign)\} * Cnnav_Pabs(22,5, 32,5)$$

si $\{ValPabs(2,lign)\} = 0$

$$\{ValPabs(2,lign)\} = \{ValPabs(3,lign)\} * Cnnav_Pabs(12,5, 22,5)$$

si $\{ValPabs(1,lign)\} = 0$

$$\{ValPabs(1,lign)\} = \{ValPabs(2,lign)\} * Cnnav_Pabs(2,5, 12,5)$$

si $\{ValPabs(5,lign)\} = 0$

$$\{ValPabs(5,lign)\} = \{ValPabs(4,lign)\} * Cnnav_Pabs(42,5, 32,5)$$

8.23.3.5.2.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$P_{consgaz_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}1)\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}1, i_{\theta_{av}}2)\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{ValPabs(i_{\theta_{am}}2, i_{\theta_{av}}2)\}$$

8.23.3.5.2.3 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 160 : 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.

8.23.3.5.2.3.1 Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

<p>Si statut_données = 1</p> <p>Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValPauxfr(icol, ilign) = ValPauxfr(icol, ilign)</p> <p>Valcol, ilign → siValCOR(icol, ilign) =, ValPauxcfr(icol, ilign) = ValPauxfr(icol, ilign)*1,1</p> <p>Si statut_données = 2</p> <p>Si statut_Paux_pivot = 1</p> <p>ValPaux_{pivot_inter} = max{1,2*ValPauxfr_{pivot}; 0,0167*ValPabs(4,2)}</p> <p>ValPauxfr(4,2) = ValPaux_pivot_inter</p> <p>Si statut_paux_pivot = 2</p> <p>ValPaux_pivot_inter = max(200 ; 0,02 * ValPabs(4,2))</p> <p>ValPauxfr(4,2) = ValPaux_pivot_inter</p>	
---	--

8.23.3.5.2.3.2 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 $\{\text{ValPaux}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(4,1)\} = \{\text{ValPaux}(4,2)\} * \text{Cnav_Paux}(4, 9,5)$$

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 l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$,

si $\{\text{ValPaux}(3,l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(3,l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(4,l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(22,5, 32,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(2,l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(2,l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(3,l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(12,5, 22,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(1,l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(1,l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(2,l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(2,5, 12,5)$$

si $\{\text{ValPaux}(5,l_{\text{ign}})\} = 0$

$$\{\text{ValPaux}(5,l_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPaux}(4,l_{\text{ign}})\} * \text{Cnam_Paux}(42,5, 32,5)$$

8.23.3.5.2.3 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Paux_pc}(h) = (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * (1 - C_{\theta_{\text{av}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}1})\} + C_{\theta_{\text{av}}} * (1 - C_{\theta_{\text{am}}}) * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}1}, i_{\theta_{\text{av}}2})\} + C_{\theta_{\text{am}}} * C_{\theta_{\text{av}}} * \{\text{ValPaux}(i_{\theta_{\text{am}}2}, i_{\theta_{\text{av}}2})\}$$

8.23.3.5.2.4 Calcul des puissances fournies à pleine charge

On applique la procédure des machines air / eau, voir § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

8.23.3.6 *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.

8.23.3.6.1 *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} , $P_{\text{fou_pc}}$, $P_{\text{gazcons_pc}}$ et $P_{\text{aux_pc}}$.

8.23.3.6.2 *Calcul du GUE à charge partielle*

On calcul GUE_{LR} par :

$$GUE_{\text{LR}} = P_{\text{fou_LR}} / P_{\text{gaz_cons_LR}} = CCP_{\text{LR}} * GUE_{\text{pc}}$$

On calcul $P_{\text{gazcons_LR}}$ par :

$$P_{\text{gazcons_LR}} = P_{\text{gaz_LR}} + P_{\text{gazma_LR}} \quad (1281)$$

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.

8.23.3.6.2.1 *Fonctionnement en mode continu du brûleur*

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable ($\text{Fonc_br\^ul} = 1$) lorsque :

$$P_{\text{fou_LR}} \geq (P_{\text{fou_pc_brut}} * LR_{\text{contmin}})$$

Avec :

$$LR = P_{\text{fou_LR}} / P_{\text{fou_pc_brut}}$$

$$P_{\text{fou_LR}} = \min \{Q_{\text{req_act}} ; P_{\text{fou_pc}}\}$$

On caractérise la valeur minimale de charge « utile » en fonctionnement continu, LR_{contmin} , et la valeur de C_{cp} correspondante, $CCP_{LR_{\text{contmin}}}$.

LR_{contmin} et $C_{\text{cp}_{LR_{\text{contmin}}}}$ peuvent être obtenus par des essais à $T_{\text{amont_pivot}}$ et $T_{\text{aval_pivot}}$.

En absence d'essais, des valeurs par défaut sont utilisées.

On admet que C_{cp} , égal à $GUE_{\text{LR}} / GUE_{\text{pc}}$, varie linéairement sur la plage $LR_{\text{contmin}} ; 1$:

$$CCP_{\text{LR}} = 1 + A_{\text{cont}} / GUE_{\text{pc}} * (1 - LR) \quad (1282)$$

La pente de cette droite, dénommée A_{cont} , est déterminée par l'équation suivante pour un LR légèrement supérieur à $LR_{contmin}$:

$$A_{cont} = GUE_{pc} * (CCP_{LR_{contmin}} - 1) / (1 - LR_{LR_{contmin}}) \quad (1283)$$

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 :

$$P_{gaz_{LR}} = P_{fou_{LR}} / (CCP_{LR} * GUE_{pc})$$

$$P_{gaz_{ma_{LR}}} = 0 \quad (1284)$$

8.23.3.6.2.2 Fonctionnement en cycle marche arrêt du brûleur

On rencontre ce type de fonctionnement :

- avec les machines à régulation de brûleur tout ou rien ($Fonc_{brûl} = 2$) ($LR_{contmin} = 1$),
- avec les machines à régulation de puissance variable ($Fonc_{brûl} = 1$), 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	$P_{gaz_{LR}} = P_{gaz_{cons_{LR_{contmin}}}} * LR_{rel}$ $LR_{rel} = LR / LR_{contmin}$	(1285)
------	--	--------

- **$P_{gaz_{ma}}$** est nulle à charge nulle et à charge $LR_{contmin}$.

A l'intérieur de cette plage, **$P_{gaz_{ma}}$** est égal à :

et	$P_{gaz_{ma_{LR}}} = P_{gaz_{cons_{LR_{contmin}}}} * Deq / T_{cyc} + Pertes / Rdt_{comb} * (1 - LR_{rel})$ $1/T_{cyc} = LR_{rel} * (1 - LR_{rel}) / D_{fou0}$	(1286)
----	---	--------

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 :

$$Pertes = Pertes_{40^{\circ}C} \times \frac{60 - \theta_{amb}(h)}{40} \quad (1287)$$

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 161 : 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 236: Valeurs conventionnelles de Deq pour les machines à absorption gaz

Les pertes $Pertes_{40^{\circ}C}$ et le rendement Rdt_{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_{gaz_cons} ni le GUE ne sont linéaires. Si P_{gaz_ma} est négligeable, les pertes sont fonction de LR (et pas le GUE).

8.23.3.6.2.3 Calcul de Paux à charge partielle

On calcule Paux_{LR} par

$$Paux = \text{Min}(Paux_{pc} ; Paux0 + (Paux_{pc} - Paux0) * LR_{rel})$$

8.23.3.6.2.4 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.

8.23.3.6.2.5 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.

Version du 04/08/20

8.23.3.6.3 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 $P_{gaz_cons_pc_ECS}$ 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 $P_{gaz_cons_pc_ECS}$ / 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. ».

8.23.3.6.4 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 237: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef} (poste;énergie) \}$

$$Q_{cef(idfonction;id_engen)} = P_{gaz_cons_LR} * Rdim \quad (1288)$$

Taux de charge

Si $P_{fou_pc_brut} = 0$ alors $T_{charge} = 0$

Sinon

$$T_{charge} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{fou_pc_brut}} \quad (1289)$$

Consommation des auxiliaires

$$W_{aux,pro} = P_{aux} * Rdim \quad (1290)$$

Performances

si $id_{fonction} = 1$

$$\eta_{eff}(h) = GUEch_{LR} \quad (1291)$$

si $id_{fonction} = 2$

$$\eta_{eff}(h) = GUEfr_{LR} \quad (1292)$$

si $id_{fonction} = 3$

$$\eta_{eff}(h) = GUEecs_{LR} \quad (1293)$$

Energie fournie

$$P_{fou} = P_{fou_LR} * Rdim \quad (1294)$$

Energie restant à fournir

$$Q_{rest} = Q_{rest_act} * Rdim \quad (1295)$$

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

$$\phi_{rejet} = MIN(0; P_{gaz_cons_LR} - P_{fou_LR}) * Rdim \quad (Wh) \quad (1296)$$

Sinon

$$\phi_{rejet} = (P_{gaz_cons_LR} + P_{fou_LR}) * Rdim \quad (Wh) \quad (1297)$$

8.23.3.6.4.1 Valeurs déclarées et par défaut

- Le type de fonctionnement du brûleur retenu par défaut est tout ou rien : $Fonc_br\grave{u}l = \ll 1 : \text{Fonctionnement en mode continu du brûleur ou en cycles marche arrêt} \gg$,
- Par défaut, on retient l'absence d'échangeur eau chauffage / fumées : $id_{echangeur} = \ll 0 : \text{pas d'échangeur} \gg$.
- Le type de cycle à absorption en refroidissement ($Cycle_fr$) ne possède pas de valeur par défaut.
- Pour les autres caractéristiques, à savoir : $LR_{contmin}$, $Ccp_{LRcontmin}$, $Paux0$, Pertes et Rdt_{comb}
 - 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 :

$$LR_{contmin} = LR_{contmin} \text{ mesuré} + 0,1 \quad (1298)$$

$$Ccp_{LRcontmin} = 0,9 \times Ccp_{LRcontmin} \text{ mesuré} \quad (1299)$$

$$Paux0 = 1,1 \times Paux0 \text{ mesuré} \quad (1300)$$

$$Pertes_{40^\circ C} = 1,1 \times Pertes_{40^\circ C} \text{ pivot mesurées} \quad (1301)$$

Rendement de combustion, Rdt_{comb} :

- en refroidissement : $Rdt_{comb} = 0,95 \times Rdt_{comb} \text{ pivot mesuré}$ (1302)
- en chauffage :

Si $id_{echangeur} = \ll 0 : \text{pas d'échangeur} \gg$: $Rdt_{comb} = 0,95 \times Rdt_{comb} \text{ pivot}$

mesuré

Sinon (« 1 : avec échangeur ») :

$$\text{Rdt}_{\text{comb}} = 1,1 \cdot \text{Rdt}_{\text{comb}} \text{ pivot mesuré} - 0,12$$

- en production d'ECS :

Si $\text{id}_{\text{échangeur}} = \text{« 0 : pas d'échangeur »}$: $\text{Rdt}_{\text{comb}} = 0,90 \text{ Rdt}_{\text{comb}} \text{ pivot chauffage mesuré}$

Sinon (« 1 : avec échangeur »), $\text{Rdt}_{\text{comb}} = 0,95 \text{ Rdt}_{\text{comb}} \text{ pivot mesuré}$

- Si les valeurs n'entrent pas dans l'un des deux statuts ci-dessous, on retient les valeurs par défaut suivante :

$\text{LR}_{\text{contmin}}$:

- en chauffage ou refroidissement : $\text{LR}_{\text{contmin}} = 0,70$ (1303)
- en production ECS : $\text{LR}_{\text{contmin}} = 0,65$

$\text{Ccp}_{\text{LRcontmin}}$:

- en chauffage ou refroidissement : $\text{Ccp}_{\text{LRcontmin}} = 0,90$ (1304)
- en production ECS : $\text{Ccp}_{\text{LRcontmin}} = 0,75$

Paux0 :

- en mode chauffage ou production ECS :
Si $\text{Pnom} \leq 20\text{kW}$, $\text{Paux0} = 30 \text{ W}$,
Si $\text{Pnom} \geq 400\text{kW}$, $\text{Paux0} = 300 \text{ W}$,
Sinon, $\text{Paux0} = 30 + \frac{300-30}{400-20} \cdot (\text{Pnom} - 20)$ (Paux0 en W, Pnom en kW) (1305)
- en mode refroidissement :
Si $\text{Pnom} \leq 20\text{kW}$, $\text{Paux0} = 30 \text{ W}$,
Si $\text{Pnom} \geq 200\text{kW}$, $\text{Paux0} = 600 \text{ W}$,
Sinon, $\text{Paux0} = 30 + \frac{600-30}{200-20} \cdot (\text{Pnom} - 20)$ (Paux0 en W, Pnom en kW)

$\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}}$:

- en chauffage :
Si $\text{Pnom} \leq 20\text{kW}$, $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}} = 900 \text{ W}$,
Si $\text{Pnom} \geq 400\text{kW}$, $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}} = 5500 \text{ W}$,
Sinon, $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}} = 900 + \frac{5500-900}{400-20} \cdot (\text{Pnom} - 10)$ ($\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}}$ en W, Pnom en kW)
- en refroidissement : (1306)
Si $\text{Pnom} \leq 10\text{kW}$, $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}} = 900 \text{ W}$,
Si $\text{Pnom} \geq 200\text{kW}$, $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}} = 5500 \text{ W}$,
Sinon, $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}} = 900 + \frac{5500-900}{200-10} \cdot (\text{Pnom} - 10)$ (avec $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}}$ en W, Pnom en kW)
- en production ECS : $\text{Pertes}_{40^\circ\text{C}}$ est calculé comme en chauffage (ci-dessus), puis multiplié par un coefficient 1,1.

Rendement de combustion Rdt_{comb} :

- en mode refroidissement :

$$Rdt_{comb} = 0,80$$

- en mode chauffage :

$$\text{Si } id_{echangeur} = \text{« 0 : pas d'échangeur » : } Rdt_{comb} = 0,80$$

$$\text{Sinon (« 1 : avec échangeur »), } Rdt_{comb} = 1,10 - 0,003 \cdot (Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}}) + 5^{\circ}\text{C}) \quad (1307)$$

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 :

$$\text{Si } id_{echangeur} = \text{« 0 : pas d'échangeur » : } Rdt_{comb} = 0,80$$

$$\text{Sinon (« 1 : avec échangeur »), } Rdt_{comb} = 0,92$$

Version du 04/08/20

Version du 04/08/20

8.25 C Gen Sources amont des générateurs thermodynamiques

8.25.1 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.

8.25.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 238 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 gnr	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	Ent	1	2	-

séparation

5 : Eau de nappe sans échangeur

Type de tour de refroidissement :

id_{tour} 1 : Tour humide,
2 : Tour sèche.

Ent 1 2 -

Type de source amont air du générateur :

$id_{amont-air-type}$ 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_gain} 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 +∞ -

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 +∞ -

P_{vent_tour} Puissance électrique des ventilateurs de la tour.

W 0 +∞ -

$\Delta\theta_{tour}$ 3) Ecart de température entre l'eau en sortie de tour humide et la température humide de l'air extérieur.

°C 0 +∞

4) Ecart de température entre l'eau en sortie de tour sèche et la température de l'air extérieur.

$\theta_{es_tour_consigne}$ Consigne de température d'eau en sortie de tour.

°C -∞ +∞ -

Gestion des auxiliaires de captage :

$id_{gest_captage}$ 1 : Marche permanente au cours de la saison de fonctionnement.
2 : Fonctionnement en cas de demande d'énergie

Ent 1 3 -

$id_{gest_pompe_captage_cont_var}$ 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 +∞ -

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 +∞ -

id_{mois_mini} N° du mois durant lequel la température d'eau de captage est la plus faible.

Entier 1 12 -

θ_{min_source} Température minimale annuelle de

°C -∞ +∞ -

	l'interface avec le sol naturel ou de l'eau de nappe				
θ_{\max_source}	Température maximale annuelle de l'interface avec le sol naturel ou de l'eau de nappe	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{\min_boucle}	Température minimale annuelle de l'eau dans la boucle.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
θ_{\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
	$\theta_r(h)$	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
Modèle du circuit d'eau	$Q_{m_inter_reel}$	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 238 : Nomenclature du modèle

8.25.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.25.3.1 Calculs des ratios

8.25.3.1.1 Calcul des ratios de puissance nominale (une fois par simulation)

En début de simulation, on calcule les ratios de puissances nominales :

$$\forall gnr Rat_{p_{ngen}}^{gnr} = \frac{p_{ngen}^{gnr}}{\sum_{gnr} p_{ngen}^{gnr}} (Wh) \quad (1308)$$

8.25.3.1.2 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 :

$$\forall gnr Rat_{\phi_{rejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (1309)$$

8.25.3.2 Calcul de la puissance rejetée totale

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (1310)$$

8.25.3.3 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.

8.25.3.3.1 Générateurs sur fluide amont air ($id_{fluide-amont}^{gnr}=2$)

8.25.3.3.1.1 Air extérieur ($id_{amont-air-type}^{gnr}=1$)

La température amont est celle de l'air extérieur :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{ext}(h) (^{\circ}C) \quad (1311)$$

8.25.3.3.1.2 Air ambiant d'un volume non-chauffé ($id_{amont-air-type}^{gnr}=2$)

La température amont est la température ambiante d'un espace tampon :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{et}(h) (^{\circ}C) \quad (1312)$$

8.25.3.3.1.3 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.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air_extrait}^s(h) (^{\circ}C) \quad (1313)$$

8.25.3.3.2 Générateurs sur fluide amont eau ($id_{fluide-amont}^{gnr}=1$)

8.25.3.3.2.1 Circuit d'échange avec la source extérieure ($id_{\text{amont-eau-type}}^{\text{gnr}} = 1, 4 \text{ ou } 5$)

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 :

$$\theta_b(j) = A + B \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{id_{\text{mois}}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (1314)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\theta_{\text{min_sol}} + \theta_{\text{max_sol}}}{2} \\ B &= \frac{\theta_{\text{max_sol}} - \theta_{\text{min_sol}}}{2} \\ \varphi &= \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{\text{mois_min_sol}}}{6}\right) \end{aligned} \quad (1315)$$

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 : ($id_{\text{amont-eau-type}}^{\text{gnr}} = 1$)

La température du fluide en sortie des sondes est la suivante :

$$\theta_f(h) = \theta_b(j) + \phi_{\text{rejet}}(h - 1) \times \frac{R_b}{L} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1316)$$

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.

$$\begin{aligned} Q_{m_nappe_reel} &= Q_{v_nappe_nom} \times \frac{\rho_{eau}}{3600} \text{ (kg/s)} \\ Q_{m_inter_reel} &= Q_{v_inter_nom} \times \frac{\rho_{inter}}{3600} \text{ (kg/s)} \end{aligned} \quad (1317)$$

- Si $id_{\text{gest_captage}} = 2$, marche en cas de demande pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

Si $\tau_{charge} = 0$, alors,

$$Q_{m_nappe_reel} = 0 \text{ (kg/s)}$$

$$Q_{m_inter_reel} = 0 \text{ (kg/s)}$$

sinon

- Si $id_{\text{gest_pompe_captage_cont_var}} = 1$, fonctionnement tout ou rien

$$Q_{m_nappe_reel} = Q_{v_nappe_nom} \times \frac{\rho_{eau}}{3600} \text{ (kg/s)}$$

$$Q_{m_inter_reel} = Q_{v_inter_nom} \times \frac{\rho_{inter}}{3600} \text{ (kg/s)}$$

- Si $id_{\text{gest_pompe_captage_cont_var}} = 2$, fonctionnement à vitesse variable

$$Q_{m_nappe_reel} = Q_{v_nappe_nom} \times \rho_{eau} \times \frac{\text{MAX}(0.3; \tau_{charge})}{3600} \text{ (kg/s)} \quad (1319)$$

$$Q_{m_inter_reel} = Q_{v_inter_nom} \times \rho_{eau} \times \frac{\text{MAX}(0.3; \tau_{charge})}{3600} \text{ (kg/s)}$$

Calcul de l'efficacité d'échange :

si $Q_{m_inter_reel} = 0$ ou si $Q_{m_nappe_reel} = 0$

$$T_{\text{départ}_{\text{amont}}} = T_{\text{départ}_{\text{amont,prev}}} \quad (1320)$$

sinon

$$C_{nappe} = Q_{m_nappe_reel} \times C_{pe} \quad (1321)$$

$$C_{inter} = Q_{m_inter_reel} \times C_{pe_inter}$$

$$C = \frac{\text{MIN}\{C_{nappe}, C_{inter}\}}{\text{MAX}\{C_{nappe}, C_{inter}\}} \quad (1322)$$

$$NUT = \frac{UA}{\text{MIN}\{C_{nappe}, C_{inter}\}} \quad (1323)$$

Calcul de l'efficacité de l'échangeur

Si $\text{type_echangeur} = 1$ écoulements à contre courant

si $C = 1$

$$\varepsilon = \frac{NUT}{NUT + 1} \quad (1324)$$

sinon

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-NUT(1-C)}}{1 - C * e^{-NUT(1-C)}} \quad (1325)$$

Si type_echangeur = 2 écoulements à courants parallèles

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-NUT(1+C)}}{1 + C} \quad (1326)$$

Si type_echangeur = 3 écoulements à courants croisés avec les deux fluides brassés

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{1 - e^{-NUT}} + \frac{C}{1 - e^{-NUT.C}} - \frac{1}{NUT}} \quad (1327)$$

Calcul de la température de retour amont :

$$T_{retour_{amont}} = T_{départ_{amont}}(h-1) + \varepsilon \cdot (\theta_b(j) - T_{départ_{amont}}(h-1)) \times \frac{MIN\{C_{nappe}, C_{inter}\}}{C_{inter}} \quad (1328)$$

$$\theta_f(h) = T_{retour_{amont}} \quad (1329)$$

Calcul de la température de départ pour le pas suivant :

$$T_{départ_{amont}} = T_{retour_{amont}} + \frac{\phi_{rejet}(h-1)}{Q_{m_{inter_{reel}}} \times C_{pe_{inter}}} \quad (1330)$$

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 :

$$T_{retour_{amont}} = (\theta_b(j)) \quad (1331)$$

$$\theta_f(h) = T_{retour_{amont}} \quad (1332)$$

Au final, la température amont du générateur est ($id_{amont-eau-type}^{gnr}=1, 4$ ou 5) :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_f(h) + \frac{\Delta\theta_{cond}}{2} \quad (1333)$$

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

8.25.3.3.2.2 Tours de refroidissement ($id_{\text{amont-eau-type}}^{gnr}=2$)

8.25.3.3.2.2.1 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 :

$$\begin{cases} \omega_{sat} &= 10^{-3} \times \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\theta'_{as} + 235.00}\right) \\ h_{sat} &= C_a \cdot \theta'_{as} + \omega_{sat} \cdot (H_{fg} + C_v \cdot \theta'_{as}) \\ C_e \cdot \theta'_{as} &= \frac{h_{sat} - h_{ext}(h)}{\omega_{sat} - \omega_{ext}(h)} \end{cases} \quad (1334)$$

que l'on peut transformer en une relation implicite sur ω_{sat} ainsi :

$$\omega_{sat} - 10^{-3} \exp\left(18.8161 - \frac{4110.34}{\frac{h_{ext} - \omega_{sat} H_{fg}}{C_e(\omega_{ext} - \omega_{sat}) + C_v \omega_{sat} + C_a} + 235.00}\right) = 0 \quad (1335)$$

où l'enthalpie de l'air en entrée de la tour (air extérieur) est donnée par:

$$h_{ext}(h) = C_a \cdot \theta_{ext}(h) + \omega_{ext}(h) \cdot (H_{fg} + C_v \cdot \theta_{ext}(h)) \quad (1336)$$

Une fois l'humidité de saturation calculée, on calcule la température d'air humide en combinant les deux dernières équations du système (1334) :

$$\theta'_{as} = \frac{\omega_{sat} H_{fg} - h_{ext}(h)}{C_e(\omega_{sat} - \omega_{ext}) - C_a - C_v \omega_{sat}} \quad (1337)$$

8.25.3.3.2.2.2 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 :

$$\theta_{es_tour_cont} = \theta'_{as} + \Delta\theta_{\text{tour}} \quad (1338)$$

Compte tenu de la régulation la température réelle de sortie est la suivante :

$$\theta_{es_tour} = \text{MAX}(\theta_{es_tour_cont}; \theta_{es_tour_consigne}) \quad (1339)$$

8.25.3.3.2.2.3 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 :

$$\theta_{es_tour_cont} = \theta_{ext} + \Delta\theta_{tour} \quad (1340)$$

Compte tenu de la régulation la température réelle de sortie est la suivante :

$$\theta_{es_tour} = MAX(\theta_{es_tour_cont}; \theta_{es_tour_consigne}) \quad (1341)$$

8.25.3.3.2.4 Calcul de la température amont

Au final, la température amont du générateur est :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{es_tour} + \frac{\Delta\theta_{cond_FR}}{2} \quad (1342)$$

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

8.25.3.3.2.3 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 :

$$\theta_{be}(j) = A + B \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{id_{mois}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (1343)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\theta_{min_sol} + \theta_{max_sol}}{2} \\ B &= \frac{\theta_{max_sol} - \theta_{min_sol}}{2} \\ \varphi &= \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{mois_min_i_sol}}{6}\right) \end{aligned} \quad (1344)$$

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 :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{be}(j) + \frac{\Delta\theta_{cond}}{2} \quad (1345)$$

Avec :

$$\Delta\theta_{Cond} = -\Delta\theta_{Cond_CH} \quad si \phi_{rejet}(h-1) < 0$$

$$\Delta\theta_{\text{Cond}} = \Delta\theta_{\text{Cond_FR}} \quad \text{si } \phi_{\text{rejet}}(h-1) > 0$$

8.25.3.3.3 Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{\text{amont}}^{gnr}(h) = \theta_{\text{amont}}(h) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1346)$$

8.25.3.4 Calcul de la consommation d'auxiliaires amonts

Le taux de charge est la moyenne pondérée des taux de charge des générateurs connectés :

$$\tau_{\text{charge}} = \sum_{gnr} \tau_{\text{charge}}^{gnr} \times \text{Rat}_{\text{Pngen}}^{gnr} \quad (1347)$$

8.25.3.4.1 Générateurs sur fluide amont air ($\text{id}_{\text{fluide-amont}}^{gnr}=2$)

Les générateurs sur fluide amont air non gainés n'ont pas de consommations d'auxiliaires amont, celles-ci étant comprises dans la performance.

$$W_{\text{aux,am}} = 0 \text{ (Wh)} \quad (1348)$$

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.

$$W_{\text{aux,am}} = P_{\text{vent_gainé}} \times \tau_{\text{charge}} \text{ (Wh)} \quad (1349)$$

8.25.3.4.2 Générateurs sur fluide amont eau ($\text{id}_{\text{fluide-amont}}^{gnr}=1$)

8.25.3.4.2.1 Circuit de captage ($\text{id}_{\text{amont-eau-type}}^{gnr}=1, 3, 4 \text{ ou } 5$)

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 $\text{id}_{\text{gest_captage}} = 1$: marche permanente pendant la saison de chauffage ou de froid selon le mode.

$$W_{\text{pompes_captage}} = P_{\text{pompes_captage}} \text{ (Wh)} \quad (1350)$$

- 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

(1351)

$$W_{pompes_captage} = P_{pompes_captage} \text{ (Wh)}$$

- Si $id_{gest_pompe_captage_cont_var} = 2$, fonctionnement à vitesse variable

$$W_{pompes_captage} = P_{pompes_captage} \times \max(\tau_{charge}; 0.3) \text{ (Wh)}$$

8.25.3.4.2.2 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.

$$W_{pompes_inter} = P_{pompes_inter} \text{ (Wh)} \quad (1352)$$

- 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

(1353)

$$W_{pompes_inter} = P_{pompes_inter} \text{ (Wh)}$$

- 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):

$$W_{aux,am} = W_{pompes_captage} + W_{pompes_inter} \text{ (Wh)} \quad (1354)$$

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.

8.25.3.4.3 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 :

$$W_{pompes_tour} = P_{pompes_tour} \times \tau_{charge} \text{ (Wh)} \quad (1355)$$

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 :

$$W_{vent_tour} = P_{vent_tour} \times \tau_{charge} \text{ (Wh)} \quad (1356)$$

Au final :

$$W_{aux,am} = W_{pompes_tour} + W_{vent_tour} \text{ (Wh)} \quad (1357)$$

8.25.3.4.4 Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\begin{aligned} \varphi \phi_{rejet}(h-1) \neq 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{P_{h_{rejet}}}^{gnr} \\ \phi_{rejet}(h-1) = 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{P_{ngen}}^{gnr} \end{aligned} \quad (1358)$$

8.25.3.5 **Puissance maximale des machines sur air extrait** : $id_{\text{fluide-amont}}^{\text{gnr}}=2$ et $id_{\text{amont-air-type}}^{\text{gnr}}=3$

$$Qm_{\text{air_extrait_act}} = \frac{Qm_{\text{air_extrait}(h)}}{Rdim} \quad (1359)$$

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 Ldfougen = 1

La quantité d'énergie maximale qui peut être échangée à la source amont est donnée par :

$$Pech_{\text{source_amont_maxi}} = Qm_{\text{air_extrait_act}} * C_{pa} * \max\{0 ; (\theta_{\text{amont}(h)} - T_{\text{air_lim}})\} \quad (1360)$$

Cela conduit à définir la puissance maximale que peut fournir la machine compte tenu de la source amont :

$$Pfou_{\text{source_amont_maxi}} = Pech_{\text{source_amont_maxi}} * Pfou_{\text{pc_brut}} / (Pfou_{\text{pc_brut}} - Pabs_{\text{pc}}) \quad (1361)$$

si Syst_Thermo_ECS = 2 et si Ldfougen = 3

Voir Syst_Thermo_CH = 3 et si Ldfougen = 1.

si Syst_Thermo_FR = 3 et si Ldfougen = 2

La quantité d'énergie maximale qui peut être échangée à la source amont est donnée par :

$$Pech_{\text{source_amont_maxi}} = Qm_{\text{air_extrait_act}} * C_{pa} * \max\{0 ; (T_{\text{air_lim}} - \theta_{\text{amont}(h)})\} \quad (1362)$$

Cela conduit à définir la puissance maximale que peut fournir la machine compte tenu de la source amont :

$$Pfou_{\text{source_amont_maxi}} = Pech_{\text{source_amont_maxi}} * Pfou_{\text{pc_brut}} / (Pfou_{\text{pc_brut}} + Pabs_{\text{pc}}) \quad (1363)$$

8.26 **C Gen Sources amont des générateurs thermodynamiques de type sol**

8.26.1 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.

Version du 04/08/20

8.26.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 239 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
Générateurs	$id_{Mois}(j)$	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.
Générateur thermodynamique	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

		Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Sol				
	$id_{fluide-amont}$		Ent	1	3	-

Source amont de type sol

	$id_{mois_min_sol}$	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 239 : 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 :

$$\forall gnr Rat_{p_{ngen}}^{gnr} = \frac{p_{ngen}^{gnr}}{\sum_{gnr} p_{ngen}^{gnr}} (Wh) \quad (1364)$$

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 :

$$\forall gnr Rat_{p_{hirejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (1365)$$

8.26.3.1.3 Calcul de la puissance rejetée totale

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (1366)$$

8.26.3.2 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 :

$$\theta_b(j) = A + B \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{id_{mois}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (1367)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\theta_{min_sol} + \theta_{max_sol}}{2} \\ B &= \frac{\theta_{max_sol} - \theta_{min_sol}}{2} \\ \varphi &= \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{mois_min_i_sol}}{6} \right) \end{aligned} \quad (1368)$$

La température de sol en intégrant une réduction associée aux rejets de la machine (connue uniquement au pas de temps précédent) est la suivante :

$$\theta_f(h) = \theta_b(j) + \phi_{rejet}(h-1) \times \frac{R_b}{L} (^{\circ}C) \quad (1369)$$

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 ($^{\circ}C$)			
Température de sol $\theta_i(h)$ ($^{\circ}C$)	-5	0	5	10
Température de bain d'essai correspondante $\theta_{amont}(h)$ ($^{\circ}C$)	-4	1.5	4	6.5

Tableau 240: correspondance entre la température de sol et la température d'essai de la machine sur source sol

8.26.3.2.1 Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}(h) (^{\circ}C) \quad (1370)$$

8.26.3.2.2 Générateurs sur fluide amont sol ($id_{fluide-amont}^{gnr}=3$)

Ce type de générateurs n'a pas de consommations d'auxiliaires de source amont.

$$W_{aux,am} = 0 (Wh) \quad (1371)$$

8.26.3.2.3 Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\begin{aligned} \phi_{rejet}(h-1) \neq 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{phirejet}^{gnr} \\ \phi_{rejet}(h-1) = 0 &\Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{pngen}^{gnr} \end{aligned} \quad (1372)$$

8.27 C gen Réseau de chaleur et de froid

8.27.1 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.

8.27.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 241 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 : chauffage, 2 : refroidissement, 3 : ECS), 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 : En volume chauffé, 0 : Hors volume chauffé.	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 : réseau de chaleur, 601 : réseau de froid.	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 241 : Nomenclature du modèle

8.27.3 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

8.27.3.1 Réseau de chaleur (type 600)

8.27.3.1.1 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.

8.27.3.1.1.1 Energie fournie par le générateur

L'énergie requise sur une sous-station est calculée via le nombre de sous-stations identique R_{dim} :

$$Q_{reqact} = \frac{Q_{req}}{R_{dim}} \text{ (Wh)} \quad (1373)$$

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.

$$Q_{fouact} = \min(Q_{reqact}, 1000 \cdot R_{puisdispo} \cdot P_{Ess}) \text{ (Wh)} \quad (1374)$$

L'énergie fournie par l'ensemble des stations identiques est la suivante :

$$Q_{fou} = R_{dim} \cdot Q_{fouact} \text{ (Wh)} \quad (1375)$$

8.27.3.1.2 Taux de charge de la sous-station

$$T_{charge} = \frac{Q_{fouact}}{1000 \cdot R_{puis_dispo} \cdot P_{Ess}} \quad (1376)$$

8.27.3.1.2.1 Calcul des pertes de la sous-station

Les pertes liées à l'ensemble des sous-stations sont calculées suivant la formule :

$$Q_{ss_act} = R_{puisdispo} \cdot H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad (\text{Wh}) \quad (1377)$$

$$Q_{ss} = R_{dim} \cdot Q_{ss_act} \quad (\text{Wh}) \quad (1378)$$

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,

$$H_{ss} = B_{ss} \cdot \left(\frac{P_{Ess}}{1000} \right)^{(1/3)} \quad (\text{W/K}) \quad (1379)$$

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			
Type de réseau	Isolation réseau secondaire	4	3	2	1
	Isolation réseau primaire	5	4	3	2
	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 242: Coefficient B_{ss} en fonction du type d'isolation, de la catégorie d'isolation et du type de réseau

$$\theta_{wh,ss} = \theta_{aval} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1380)$$

$$\theta_{ss} = D_{ss} \cdot \theta_{prs} + (1 - D_{ss}) \cdot \theta_{wh,ss} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1381)$$

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 243 : Température primaire et coefficient Dss en fonction du type de réseau

8.27.3.1.3 Calcul de la consommation et de l'énergie reportée

La consommation des auxiliaires et les pertes thermiques vers l'ambiance sont prises conventionnellement nulles.

$$Q_{cons} = Q_{fou} + Q_{ss} \quad (\text{Wh}) \quad (1382)$$

$$\eta_{eff} = \frac{Q_{fou}}{Q_{cons}} \quad (-) \quad (1383)$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou} \quad (\text{Wh}) \quad (1384)$$

8.27.3.1.4 Calcul des consommations d'auxiliaires et flux thermique vers l'ambiance

La consommation d'auxiliaire de la sous-station est considérée nulle :

$$W_{aux,pro} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (1385)$$

De même on considère que l'ensemble des pertes thermiques des sous-stations se font hors volume chauffé :

$$\phi_{vc} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (1386)$$

8.27.3.1.5 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.

$$R_{fonct_ecs} = \tau_{charge} \quad (1387)$$

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,

$$Q_{ssact} = H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad (\text{Wh}) \quad (1388)$$

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 8.27.3.1.2).

8.27.3.1.6 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 :

$$Q_{ssact} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (1389)$$

8.27.3.2 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 244: Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef}(\text{poste}; \text{énergie})\}$

8.28 **C GEN Calculs génération**

8.28.1 *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).

Version du 04/08/20

8.28.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 245 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)	$\{Q_{cef(poste ; énergie)_{nr}(h)}^g\}$	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 par 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	$\{Q_{cef(poste ; énergie)_{en}(h)}^g\}$	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.	-

Version du 04/08/20

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

Sorties pédagogiques des
générateurs de
refroidissement

$E_{ef_prelec}^{gnr}$	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
$E_{ep_prelec}^{gnr}$	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
$Nbh_{charge_HF_fr}$	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

$Nbh_{charge_20_30_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 20 et 30%	Entier
$Nbh_{charge_30_40_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 30 et 40%	Entier
$Nbh_{charge_40_50_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 40 et 50%	Entier
$Nbh_{charge_50_60_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 50 et 60%	Entier
$Nbh_{charge_60_70_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 60 et 70%	Entier
$Nbh_{charge_70_80_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 70 et 80%	Entier
$Nbh_{charge_80_90_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 80 et 90%	Entier
$Nbh_{charge_90_100_fr}$	Nombre d'heures d'un générateur de refroidissement à un taux de charge entre 90 et 100%	Entier
$Nbh_{charge_HF_ecs}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS hors plage de fonctionnement	Entier
$Nbh_{charge_0_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge nul	Entier
$Nbh_{charge_0_10_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 0 et 10%	Entier
$Nbh_{charge_10_20_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 10 et 20%	Entier
$Nbh_{charge_20_30_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 20 et 30%	Entier
$Nbh_{charge_30_40_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 30 et 40%	Entier
$Nbh_{charge_40_50_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 40 et 50%	Entier
$Nbh_{charge_50_60_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 50 et 60%	Entier
$Nbh_{charge_60_70_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 60 et 70%	Entier
$Nbh_{charge_70_80_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 70 et 80%	Entier
$Nbh_{charge_80_90_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 80 et 90%	Entier
$Nbh_{charge_90_100_ECS}$	Nombre d'heures d'un générateur d'ECS à un taux de charge entre 90 et 100%	Entier
$C_{ef_ch_m}^{gen}, C_{ef_fr_m}^{gen}, C_{ef_ecs_m}^{gen}$	Consommation mensuelle en énergie finale par poste et par génération	Wh
$C_{ep_ch_m}^{gen}, C_{ep_fr_m}^{gen}, C_{ep_ecs_m}^{gen}$	Consommation mensuelle en énergie primaire par poste et par génération	Wh

Calculs groupe

Calc. Bât.

$C_{ef_ch}^{gen}, C_{ef_fr}^{gen}, C_{ef_ecs}^{gen}$	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
$C_{ef_ch}^{gen,gr}, C_{ef_fr}^{gen,gr}, C_{ef_ecs}^{gen,gr}$	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 _{ep}
$C_{ep_rdfr}^{gen,gr}$	Energie primaire totale fournie par utilisation des réseaux de froid pour la zone sur l'année entière.	Wh _{ep}

$E_{ep_sol_tot}^{gen,gr}$	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 245 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

8.28.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.28.3.1 Matrice des consommations horaires de la génération

8.28.3.1.1 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.

	$Coef_{ep(énergie;1)}$
10 : Gaz	1
20 : Fioul	1
30 : Charbon	1
40 : Bois	1
50 : Electricité	2.3
60 : Réseau de chaleur	1

Tableau 246 : Vecteur des coefficients d'énergie primaire $\{Coef_{ep(énergie)}\}$

8.28.3.1.2 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 différents 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 247 : Matrice des consommations en énergies finales $\{Q_{cef(poste;énergie)}(h)\}$

8.28.3.1.3 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.

$$Q_{cef(1;énergie)}^{gen,gr}(h) = (Q_{cef(1;énergie)}^{gen}(h) - \sum_{gr \in G_{BE}} Q_{cef(1;énergie)}^{gr}(h)) \times Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h) + \sum_{gr \in G_{BE}^{gr}} Q_{cef(1;énergie)}^{gr}(h) \quad (1390)$$

$$Q_{cef(2;énergie)}^{gen,gr}(h) = (Q_{cef(2;énergie)}^{gen}(h) - \sum_{gr \in G_{BE}} Q_{cef(2;énergie)}^{gr}(h)) \times Rat_{bes_fr}^{gen,gr}(h) + \sum_{gr \in G_{BE}^{gr}} Q_{cef(2;énergie)}^{gr}(h) \quad (1391)$$

$$Q_{cef(3;energie)}^{gen,gr}(h) = Q_{cef(3;energie)}^{gen}(h) \times Rat_{bes_ecs}^{gen,gr}(h)$$

(1392)

Version du 04/08/20

8.28.3.1.4 *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 :

$$Q_{cef(1;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(1;energie)}^{gnr}(h) \cdot Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h) \quad (1393)$$

$$Q_{cef(2;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(2;energie)}^{gnr}(h) \cdot Rat_{bes_fr}^{gen,gr}(h) \quad (1394)$$

$$Q_{cef(3;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(3;energie)}^{gnr}(h) \cdot Rat_{bes_ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1395)$$

- le générateur thermodynamique de boucle d'eau gnr ($id_{type}^{gnr}=507$, appartenant à l'ensemble G_{BE}) est lié directement au groupe gr :

$$Q_{cef(1;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(1;energie)}^{gnr}(h) \quad (1396)$$

$$Q_{cef(2;energie)}^{gnr,gr}(h) = Q_{cef(2;energie)}^{gnr}(h) \quad (1397)$$

8.28.3.2 *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,

$$Rat_{pelec}^{gen,gr}(h) = \frac{Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) + Q_{req,ecs}^{gen,gr}(h)}{Q_{req_tot_sr_ch}^{gen}(h) + Q_{req_tot_sr_ecs}^{gen}(h)} \quad (1398)$$

Sinon,

$$Rat_{pelec}^{gen,gr}(h) = \frac{\sum_{dp \rightarrow gr} (A_{dess_ch}^{dp} \times Rat_{bes_ch}^{dp,gr}(h)) + \sum_{dp \rightarrow gr} (A_{dess_ecs}^{dp} \times Rat_{bes_ecs}^{dp,gr}(h))}{\sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess_ch}^{dp} + \sum_{dp \leftarrow gen} A_{dess_ecs}^{dp}}$$

$$Q_{ef_prelec}^{gen,gr}(h) = Q_{prelec_tot}^{gen}(h) \cdot Rat_{bes_ch+ecs}^{gen,gr}(h) \quad (1399)$$

8.28.3.3 *Consommations en énergies finale et primaire de chauffage*

8.28.3.3.1 *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 :

$$C_{ef_ch_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) \quad (1400)$$

$$C_{ep_ch_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gnr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1401)$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_ch}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{gnr} \quad (1401)$$

$$C_{ep_ch}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{gnr}$$

8.28.3.3.2 *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 :

$$C_{ep_ch}^{gnr,gr} = \sum_{h=1}^{8760} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gnr,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1402)$$

8.28.3.3.3 *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 :

$$C_{ef_ch_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{gen}(h) \quad (1403)$$

$$C_{ep_ch_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gen}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_ch}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{gen} \quad (1404)$$

$$C_{ep_ch}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{gen}$$

8.28.3.3.4 *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 :

$$C_{ef_ch_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{gen,gr}(h)$$

$$C_{ep_ch_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{gen,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1405)$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_ch}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{gen,gr}$$

$$C_{ep_ch}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{gen,gr} \quad (1406)$$

Version du 04/08/20

8.28.3.4 *Consommations en énergies finale et primaire de refroidissement*

8.28.3.4.1 *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 :

$$C_{ef_fr_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h)$$

$$C_{ep_fr_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gnr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1407)$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_fr}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_fr_m}^{gnr}$$

$$C_{ep_fr}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_fr_m}^{gnr} \quad (1408)$$

8.28.3.4.2 *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 :

$$C_{ep_fr}^{gnr,gr} = \sum_{h=1}^{8760} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gnr,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1409)$$

8.28.3.4.3 *Par génération*

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef_fr_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(2;en)}^{gen}(h)$$

$$C_{ep_fr_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gen}(h) \cdot Coef_{ep(en)}) \quad (1410)$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_fr}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_fr_m}^{gen}$$

$$C_{ep_fr}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_fr_m}^{gen} \quad (1411)$$

8.28.3.4.4 *Par génération et par groupe*

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef_fr_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(2;en)}^{gen,gr}(h) \quad (1412)$$

$$C_{ep_fr_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(2;en)}^{gen,gr}(h).Coef_{ep(en)})$$

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_fr}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_fr_m}^{gen,gr}$$

$$C_{ep_fr}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_fr_m}^{gen,gr}$$
(1413)

8.28.3.5 **Consommations en énergies finale et primaire de production d'ECS**

8.28.3.5.1 **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 :

$$C_{ef_ecs_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{gnr}(h).Coef_{ep(en)})$$
(1414)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_ecs}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{gnr}$$

$$C_{ep_ecs}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{gnr}$$
(1415)

8.28.3.5.2 **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 :

$$C_{ep_ecs}^{gnr,gr} = \sum_{h=1}^{8760} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{gnr,gr}(h).Coef_{ep(en)})$$
(1416)

8.28.3.5.3 **Par génération**

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef_ecs_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{gen}(h)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{gen} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef_ch(3;en)}^{gen}(h).Coef_{ep(en)})$$
(1417)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_ecs}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{gen}$$

$$C_{ep_ecs}^{gen} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{gen}$$
(1418)

8.28.3.5.4 *Par génération et par groupe*

- Sous forme de résultats mensuels :

$$C_{ef_ecs_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{gen,gr}(h)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{gen,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef_ch(3;en)}^{gen,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1419)

- Sous forme d'un résultat annuel total :

$$C_{ef_ecs}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{gen,gr}$$

$$C_{ep_ecs}^{gen,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{gen,gr}$$
(1420)

8.28.3.6 *Production d'électricité (cogénération)*

8.28.3.6.1 *Par générateur*

- Sous forme de résultats mensuels :

$$E_{ef_prelec_m}^{gnr} = \sum_{h \in mois} Q_{prelec}^{gnr}(h)$$

$$E_{ep_prelec_m}^{gnr} = E_{ef_prelec}^{gnr} \cdot Coef_{ep(50)}$$
(1421)

- Sous forme de résultats annuels :

$$\begin{cases} E_{ef_prelec}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} E_{ef_prelec_m}^{gnr} \\ E_{ep_prelec}^{gnr} = E_{ef_prelec}^{gnr} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases}$$
(1422)

8.28.3.6.2 *Par génération*

- Sous forme de résultats mensuels :

$$\begin{cases} E_{ef_prelec_m}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} E_{ef_prelec_m}^{gnr} \\ E_{ep_prelec_m}^{gen} = E_{ef_prelec_m}^{gen} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases}$$
(1423)

- Sous forme de résultats annuels :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{ef_prelec}^{gen} = \sum_{gnr \in gen} E_{ef_prelec_m}^{gnr} \\ E_{ep_prelec}^{gen} = E_{ef_prelec}^{gen} \cdot Coef_{ep(50)} \end{array} \right. \quad (1424)$$

Version du 04/08/20

8.28.3.6.3 Par génération et par groupe

$$\begin{cases} E_{ef_prelec}^{gen,gr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{ef_prelec}^{gen,gr}(h) \\ E_{ep_prelec}^{gen,gr} = E_{ef_prelec}^{gen,gr} \cdot Coef_{ep(50)} \end{cases} \quad (1425)$$

8.28.3.7 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 :

$$\begin{aligned} E_{ep_sol_tot}^{gen,gr} &= \sum_{\substack{BS \in gen \\ id_fou_sto=1}} Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h) \cdot Q_{sol}^{BS}(h) + \sum_{\substack{BS \in gen \\ id_fou_sto=3}} Rat_{bes_ecs}^{gen,gr}(h) \cdot Q_{sol}^{BS}(h) \\ &+ \sum_{\substack{BS \in gen \\ id_fou_sto=4}} Rat_{bes_ch+ecs}^{gen,gr}(h) \cdot Q_{sol}^{BS}(h) \\ E_{ep_aux_tot}^{gen,gr} &= Coef_{ep(50)} \cdot \left(\sum_{\substack{BS \in gen \\ id_fou_sto=1}} Rat_{bes_ch}^{gen,gr}(h) \cdot P_p^{BS}(h) + \sum_{\substack{BS \in gen \\ id_fou_sto=3}} Rat_{bes_ecs}^{gen,gr}(h) \cdot P_p^{BS}(h) \right. \\ &\left. + \sum_{\substack{BS \in gen \\ id_fou_sto=4}} Rat_{bes_ch+ecs}^{gen,gr}(h) \cdot P_p^{BS}(h) \right) \end{aligned} \quad (1426)$$

8.28.3.8 Sorties complémentaires par générateur

8.28.3.8.1 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.

$$Q_{fou_3postes}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} (Q_{fou_ch}^{gnr}(h) + Q_{fou_fr}^{gnr}(h) + Q_{fou_ecs}^{gnr}(h)) \quad (1427)$$

8.28.3.8.2 Nombre d'heures des générateurs à chaque taux de charge

8.28.3.8.2.1 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 $30\% \leq \tau_{charge_ch}^{gnr}(h) < 40\%$, $nbh_{charge_30_40_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_30_40_ch}^{gnr} + 1$

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 $90\% \leq \tau_{charge_ch}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge_90_100_ch}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_90_100_ch}^{gnr} + 1$

(1428)

Avec $\tau_{charge_ch}^{gnr}(h) = \begin{cases} \tau_{charge_ch}^{gnr}(h) & \text{si } id_{fougen} = 1 \\ \frac{\tau_{charge_ch}^{gnr}(h) - R_{fonc_ECS}^{gnr}}{1 - R_{fonc_ECS}^{gnr}} * 100\% & \text{si } id_{fougen} = 4 \\ \tau_{charge_ch}^{gnr}(h) & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a_refoidi} = 0 \\ 0 & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a_refoidi} = 1 \end{cases}$

8.28.3.8.2.2 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.

Si $Aut_{fr}(j) \neq 1$, $nbh_{charge_HF_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_HF_fr}^{gnr} + 1$

Sinon

Si $0\% = \tau_{charge_fr}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge_0_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_0_fr}^{gnr} + 1$

Si $0\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 10\%$, $nbh_{charge_0_10_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_0_10_fr}^{gnr} + 1$

Si $10\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 20\%$, $nbh_{charge_10_20_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_10_20_fr}^{gnr} + 1$

Si $20\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 30\%$, $nbh_{charge_20_30_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_20_30_fr}^{gnr} + 1$

Si $30\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 40\%$, $nbh_{charge_30_40_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_30_40_fr}^{gnr} + 1$

Si $40\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 50\%$, $nbh_{charge_40_50_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_40_50_fr}^{gnr} + 1$

Si $50\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 60\%$, $nbh_{charge_50_60_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_50_60_fr}^{gnr} + 1$

Si $60\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 70\%$, $nbh_{charge_60_70_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_60_70_fr}^{gnr} + 1$

Si $70\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 80\%$, $nbh_{charge_70_80_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_70_80_fr}^{gnr} + 1$

Si $80\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) < 90\%$, $nbh_{charge_80_90_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_80_90_fr}^{gnr} + 1$

Si $90\% \leq \tau_{charge_fr}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge_90_100_fr}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_90_100_fr}^{gnr} + 1$

(1429)

Avec $\tau_{charge_fr}^{gnr}(h) = \begin{cases} \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) & \text{si } id_{fougen} = 2 \\ 0 & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a_refoidi} = 0 \\ \tau_{charge_fr}^{gnr}(h) & \text{si } id_{fougen} = 5 \text{ et } i_{a_refoidi} = 1 \end{cases}$

8.28.3.8.2.3 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.

Si $Id_{encl}(j) \neq 1$, $nbh_{charge_HF_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_HF_ecs}^{gnr} + 1$

Sinon

Si $0\% = \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge_0_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_0_ecs}^{gnr} + 1$

Si $0\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 10\%$, $nbh_{charge_0_10_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_0_10_ecs}^{gnr} + 1$

Si $10\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 20\%$, $nbh_{charge_10_20_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_10_20_ecs}^{gnr} + 1$

Si $20\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 30\%$, $nbh_{charge_20_30_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_20_30_ecs}^{gnr} + 1$

Si $30\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 40\%$, $nbh_{charge_30_40_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_30_40_ecs}^{gnr} + 1$

Si $40\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 50\%$, $nbh_{charge_40_50_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_40_50_ecs}^{gnr} + 1$

Si $50\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 60\%$, $nbh_{charge_50_60_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_50_60_ecs}^{gnr} + 1$

Si $60\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 70\%$, $nbh_{charge_60_70_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_60_70_ecs}^{gnr} + 1$

Si $70\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 80\%$, $nbh_{charge_70_80_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_70_80_ecs}^{gnr} + 1$

Si $80\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) < 90\%$, $nbh_{charge_80_90_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_80_90_ecs}^{gnr} + 1$

Si $90\% \leq \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h)$, $nbh_{charge_90_100_ecs}^{gnr} \leftarrow nbh_{charge_90_100_ecs}^{gnr} + 1$

Avec $\tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) = \begin{cases} \tau_{charge_ecs}^{gnr}(h) & \text{si } id_{fougen} = 3 \\ R_{fonc_ECS}^{gnr} & \text{si } id_{fougen} = 4 \end{cases}$

(1430)

8.28.3.8.3 Efficacités ou rendements annuels

Le calcul des efficacités annuelles nécessitent de connaître le total annuel d'énergie fourni par générateur et par poste :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{ef_fou_ch}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{fou_ch}^{gnr}(h) \\ E_{ef_fou_fr}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{fou_fr}^{gnr}(h) \\ E_{ef_fou_ecs}^{gnr} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{fou_ecs}^{gnr}(h) \end{array} \right. \quad (1431)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_{eff_ch_an}^{gnr} = \frac{E_{ef_fou_ch}^{gnr}}{C_{ef_ch}^{gnr}} \\ \eta_{eff_fr_an}^{gnr} = \frac{E_{ef_fou_fr}^{gnr}}{C_{ef_fr}^{gnr}} \\ \eta_{eff_ecs_an}^{gnr} = \frac{E_{ef_fou_ecs}^{gnr}}{C_{ef_ecs}^{gnr}} \end{array} \right. \quad (1432)$$

Note : ces efficacités annuelles représentent le COP ou l'EER annuel pour les générateurs thermodynamiques, et le rendement pour les autres types de générateurs.

8.28.3.8.4 *Consommations d'auxiliaires annuelle et mensuelle*

- Résultats mensuels :

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{ef_aux_m}^{gnr} = \sum_{h \in \text{mois}} W_{aux}^{gnr}(h) \\ C_{ep_aux_m}^{gnr} = C_{ef_aux_m}^{gnr} \times Coef_{ep(50)} \end{array} \right. \quad (1433)$$

- Résultats annuels :

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{ef_aux}^{gnr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_aux_m}^{gnr} \\ C_{ep_aux}^{gnr} = C_{ef_aux}^{gnr} \times Coef_{ep(50)} \end{array} \right. \quad (1434)$$

8.28.3.9 *Consommations en énergie finale et primaire par type d'énergie*

8.28.3.9.1 *Par générateurs*

Les consommations par type d'énergie et par génération s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef_gaz}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{gnr}(h)) \quad (1435)$$

$$C_{ef_fod}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{gnr}(h)) \quad (1436)$$

$$C_{ef_cha}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{gnr}(h)) \quad (1437)$$

$$C_{ef_boi}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{gnr}(h)) \quad (1438)$$

$$C_{ef_ele}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{gnr}(h)) \quad (1439)$$

$$C_{ef_rdc}^{gnr} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{gnr}(h)) \quad (1440)$$

$$C_{ep_gaz}^{gnr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{gnr} \quad (1441)$$

$$C_{ep_fod}^{gnr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{gnr} \quad (1442)$$

$$C_{ep_cha}^{gnr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{gnr} \quad (1443)$$

$$C_{ep_boi}^{gnr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{gnr} \quad (1444)$$

$$C_{ep_ele}^{gnr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{gnr} \quad (1445)$$

$$C_{ep_rdc}^{gnr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{gnr} \quad (1446)$$

8.28.3.9.2 *Par génération*

Les consommations par type d'énergie et par génération s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef_gaz}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{gen}(h)) \quad (1447)$$

$$C_{ef_fod}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{gen}(h)) \quad (1448)$$

$$C_{ef_cha}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{gen}(h)) \quad (1449)$$

$$C_{ef_boi}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{gen}(h)) \quad (1450)$$

$$C_{ef_ele}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{gen}(h)) \quad (1451)$$

$$C_{ef_rdc}^{gen} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{gen}(h)) \quad (1452)$$

$$C_{ep_gaz}^{gen} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{gen} \quad (1453)$$

$$C_{ep_fod}^{gen} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{gen} \quad (1454)$$

$$C_{ep_cha}^{gen} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{gen} \quad (1455)$$

$$C_{ep_boi}^{gen} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{gen} \quad (1456)$$

$$C_{ep_ele}^{gen} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{gen} \quad (1457)$$

$$C_{ep_rdc}^{gen} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{gen} \quad (1458)$$

8.28.3.9.3 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 :

$$C_{ef_gaz}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;10)}^{gen,gr}(h)) \quad (1459)$$

$$C_{ef_fod}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;20)}^{gen,gr}(h)) \quad (1460)$$

$$C_{ef_cha}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;30)}^{gen,gr}(h)) \quad (1461)$$

$$C_{ef_boi}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;40)}^{gen,gr}(h)) \quad (1462)$$

$$C_{ef_ele}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;50)}^{gen,gr}(h)) \quad (1463)$$

$$C_{ef_rdc}^{gen,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;60)}^{gen,gr}(h)) \quad (1464)$$

$$C_{ep_gaz}^{gen,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{gen,gr} \quad (1465)$$

$$C_{ep_fod}^{gen,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{gen,gr} \quad (1466)$$

$$C_{ep_cha}^{gen,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{gen,gr} \quad (1467)$$

$$C_{ep_boi}^{gen,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{gen,gr} \quad (1468)$$

$$C_{ep_ele}^{gen,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{gen,gr} \quad (1469)$$

$$C_{ep_rdc}^{gen,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{gen,gr} \quad (1470)$$

Pour les réseaux de chaleur et de froid, on décompose également ce dernier calcul :

$$C_{ef_rdch}^{gen,gr} = \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(1;60)}^{gen,gr}(h) + Q_{cef(3;60)}^{gen,gr}(h)) \quad (1471)$$

$$C_{ef_rdfr}^{gen,gr} = \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(2;60)}^{gen,gr}(h)) \quad (1472)$$

$$C_{ep_rdch}^{gen,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdch}^{gen,gr} \quad (1473)$$

$$C_{ep_rdfr}^{gen,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdfr}^{gen,gr} \quad (1474)$$

Version du 04/08/20

8.29 C GEN Echangeur Geocooling

8.29.1 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 géostucture 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 :

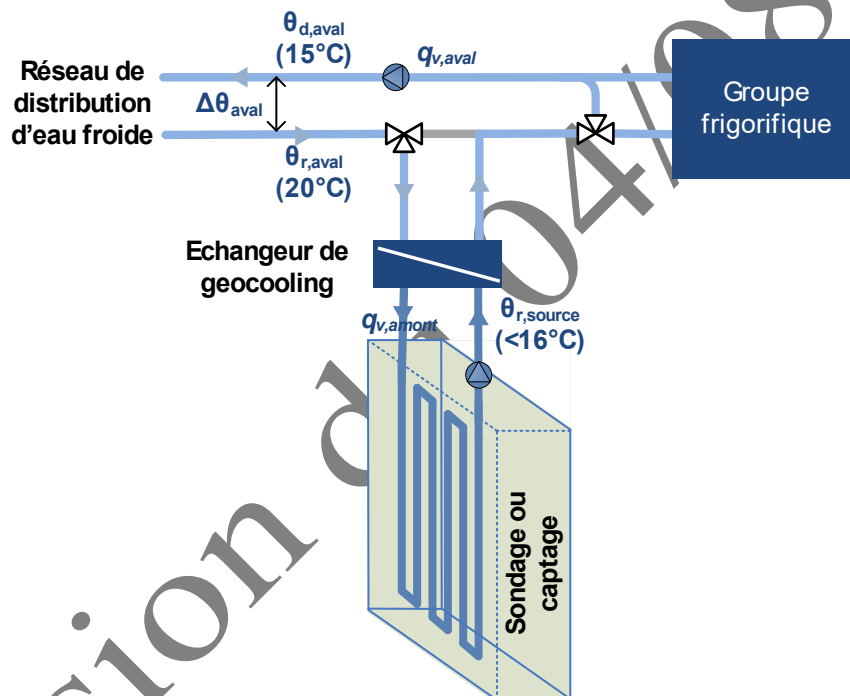


Figure 162: association d'un échangeur de geocooling et d'un groupe frigorifique

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.

8.29.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 248 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			
$\theta_{\text{amont}}(\text{h})$	Température de source amont géothermique	°C			
$\theta_{\text{aval(fr)}}(\text{h})$	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	Unité	Min	Max	Conv
$q_{v,\text{aval,nom}}$	Débit volumique d'eau froide nominal de la production d'eau froide	m ³ /h	0	+∞	
$\Delta\theta_{\text{aval}}$	Ecart de température départ-retour nominal de la production d'eau froide	°C	0	8	
$q_{v,\text{amont,nom}}$	Débit volumique nominal circulant dans l'échangeur de geocooling côté source amont	m ³ /h	0	+∞	
$\Delta\theta_{\text{amont}}$	Ecart de température nominal aux bornes de l'échangeur côté source amont	°C	0	8	
$\theta_{r,\text{source,lim}}$	Température limite de retour d'eau côté source pour la désactivation de la fonction geocooling	°C	0	25	

$UA_{geo,nom}$	Coefficient de transfert thermique de l'échangeur de geocooling aux débits nominaux de part et d'autre	W/K	0	$+\infty$
$P_{cprim,nom}$	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 : 2</i>	Ent	0	6	2
id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité: 5</i>	Ent	1	6	5
id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : <i>1 : eau</i>	Ent	1	2	1
id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>1 : eau</i>	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: <i>0 - Base et complément,</i> <i>1 - Alterné</i>	Ent	0	1	0

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
$W_{aux,pro}(h)$	Consommation d'auxiliaire propre au générateur (hors source amont)	Wh
$P_{n,gen,fr}$	Puissance de refroidissement de l'échangeur de geocooling dans les conditions nominales	W
$Q_{rest}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$\Phi_{rejet}(h)$	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	Unité
$P_{\max}(h)$	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	m ³ /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	m ³ /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/m ³	1000
c_e	Capacité calorifique massique de l'eau	J/(kg.K)	4190

Tableau 248 : Nomenclature des différentes variables du modèle

8.29.3 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

Les différentes étapes de l'algorithme sur un pas de temps sont présentées de manière séquentielle dans les paragraphes ci-dessous.

8.29.3.1 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 :

$$Is_Echangeur_Intermediaire = 1 \quad (1475)$$

Sinon, on obtient la valeur suivante :

$$Is_Echangeur_Intermediaire = 0 \quad (1476)$$

8.29.3.2 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 :

$$\theta_{r,aval}(h) = \theta_{aval}(h) + \frac{\Delta\theta_{aval}}{2} \quad (1477)$$

- la température retour côté source à partir de la température amont. Le principe est le même que pour la température aval :

$$\theta_{r,amont}(h) = \theta_{amont}(h) - \frac{\Delta\theta_{amont}}{2} \quad (1478)$$

Ces équations sont identiques dans le cas où il n'y a pas d'échangeur de géocooling.

8.29.3.3 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.

$$\begin{aligned} &\text{Si} \quad \theta_{r,amont}(h) < \theta_{r,source,lim} \quad \text{et} \\ &\theta_{r,amont}(h) < \theta_{r,aval}(h) \quad (= \theta_{d,amont}(h) \text{ dans le cas où il n'y a pas d'échangeur}), \text{ alors :} \\ &\quad Is_{On(h)} = \text{vrai} \\ &\text{Sinon,} \\ &\quad Is_{On(h)} = \text{faux} \end{aligned} \quad (1479)$$

8.29.3.4 Prise en compte de l'échangeur de géocooling

L'efficacité de l'échangeur de geocooling $\varepsilon_{geo}(h)$ est calculée selon la méthode utilisée pour les échangeurs intermédiaires des sources amont de type « captage de type nappe avec échangeur », proposée au chapitre C_Gen_Sources amonts des générateurs thermodynamiques de la méthode Th-BCE, 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 :

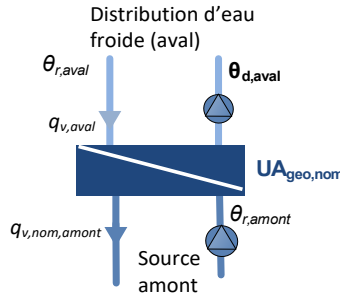


Figure 163: modélisation de l'échangeur de geocooling

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 :

$$q_{v,aval}(h) = \text{MIN} \left(\frac{Q_{req,fr}(h)}{\rho_e \cdot c_e \cdot \Delta\theta_{aval}} ; q_{v,aval,nom} \right) \quad (1480)$$

On caractérise l'échangeur de geocooling 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 :

$$q_{v,amont}(h) = q_{v,amont,nom} \quad (1481)$$

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).

$$NUT(h) = \frac{3600 \cdot UA_{geo,nom}}{\rho_e \cdot c_e \cdot \text{MIN}(q_{v,aval}(h); q_{v,amont,nom})} \quad (1482)$$

On détermine le coefficient de déséquilibre de l'échange thermique :

$$C(h) = \frac{\text{MIN}(q_{v,amont,nom}; q_{v,aval}(h))}{\text{MAX}(q_{v,amont,nom}; q_{v,aval}(h))} \quad (1483)$$

Si $C(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1484)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}}{1 - C(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}} \quad (1485)$$

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 :

$$\theta_{d,aval,pc}(h) = \theta_{r,aval}(h) + \varepsilon_{geo}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,amont,nom}; q_{v,aval}(h))}{q_{v,aval}(h)} \cdot (\theta_{r,amont}(h) - \theta_{r,aval}(h)) \quad (1486)$$

La puissance maximale équivalente de l'échangeur de géocooling peut être exprimée comme suit:

$$P_{max}(h) = q_{v,aval}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot [\theta_{r,aval}(h) - \theta_{d,aval,pc}(h)] \quad (1487)$$

$P_{max}(h)$ est nécessairement positive ou nulle.

8.29.3.5 *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 :

$$q_{v,aval}(h) = MIN\left(\frac{Q_{req,fr}(h)}{\rho_e \cdot c_e \cdot \Delta\theta_{aval}}; q_{v,aval,nom}\right) \quad (1488)$$

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 :

$$q_{v,amont}(h) = q_{v,amont,nom} \quad (1489)$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{Si } q_{v,amont}(h) &\neq q_{v,aval}(h), \text{ alors :} \\ q_{v,amont}(h) &= q_{v,aval}(h) \end{aligned} \quad (1490)$$

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 :

$$\theta_{d,aval}(h) = \theta_{r,amont}(h) \quad (1491)$$

$$\theta_{r,aval}(h) = \theta_{d,amont}(h) \quad (1492)$$

8.29.3.6 *Prise en compte du type d'association avec les autres générateurs de froid*

8.29.3.6.1 *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 **Erreur ! source du renvoi introuvable.** :

$$\begin{aligned} \text{Si } Q_{req,fr}(h) &> P_{max}(h), \text{ alors :} \\ P_{max}(h) &= 0 \text{ W} \end{aligned} \quad (1493)$$

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.

8.29.3.6.2 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 :

$$P_{max}(h) = 0 \text{ W} \quad (1494)$$

8.29.3.6.3 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 §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, 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 :

$$Q_{fou}(h) = MIN(Q_{req,fr}(h); P_{max}(h)) \quad (1495)$$

$$Q_{rest}(h) = Q_{req,fr}(h) - Q_{fou}(h) \quad (1496)$$

$$\tau_{charge}(h) = MIN\left(1; \left|\frac{Q_{fou}(h)}{P_{max}(h)}\right|\right) \quad (1497)$$

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 :

$$\Phi_{rejet}(h) = Q_{fou}(h) \quad (1498)$$

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:

$$W_{aux,pro}(h) = \frac{q_{v,aval}(h)}{q_{v,aval,nom}} \cdot P_{cprim,nom} \quad (1499)$$

$$Q_{cef\{fr,elec\}}(h) = W_{aux,pro}(h) \quad (1500)$$

L'efficacité du générateur de geocooling peut être définie comme suit :

$$\eta_{eff}(h) = \frac{Q_{fou}(h)}{W_{aux,pro}(h) + W_{aux,am}(h)} \quad (1501)$$

8.30 **C Sys Rafraichissement par geocooling (en groupe non-climatisé)**

8.30.1 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.

8.30.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 249 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 (si présence échangeur)	$\theta_{sd}(h)$	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
	$\theta_{amont}(h)$	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 250).	-	0	6	
	P_{em_conv}	Ratio d'énergie convective sur l'énergie totale transmise (voir Erreur ! Source du renvoi introuvable.)	-	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	m ³ /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						
Emission	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	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	$+\infty$	
	$L_{vc,dist}$	Longueur totale de distribution intergroupes de l'installation de geocooling	m	0	$+\infty$	
Distribution intergroupes	$U_{vc,dist}$	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
Emission	$\Phi_{rejet,geo}(h)$	Puissance rejetée à la source amont par l'échangeur de geocooling (positive en rafraichissement)	W
	Variables internes		
	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
	$\theta_{ref}^{em}(h)$	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
Débits d'eau froide	$q_{eff}^{em}(h)$	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 249 : Nomenclature des différentes variables du modèle

Version du 04/08/20

8.30.3 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

8.30.3.1 Principe du calcul

L'algorithme est composé de trois étapes séquentielles :

- **1- Erreur ! Source du renvoi introuvable.** : 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- Erreur ! Source du renvoi introuvable.** : 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

8.30.3.2 Gestion régulation du geocooling

8.30.3.2.1 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 :

$$Is_Echangeur_Intermediaire = 1 \quad (1502)$$

Sinon, on obtient la valeur suivante :

$$Is_Echangeur_Intermediaire = 0 \quad (1503)$$

8.30.3.2.2 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 :

$$Is_{saisonch}(j) = \max_{gr}(Aut_{ch}^{gr}(j)) \quad (1504)$$

- 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) :

$$\theta_{r,amont}(h) = \theta_{amont}(h) - \frac{\Delta\theta_{d-r,source}}{2} \quad (1505)$$

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

8.30.3.2.3 Détermination de la température de consigne

La fonction d'appel **Est_Active** est aussi employée pour définir la température de consigne du geocooling.

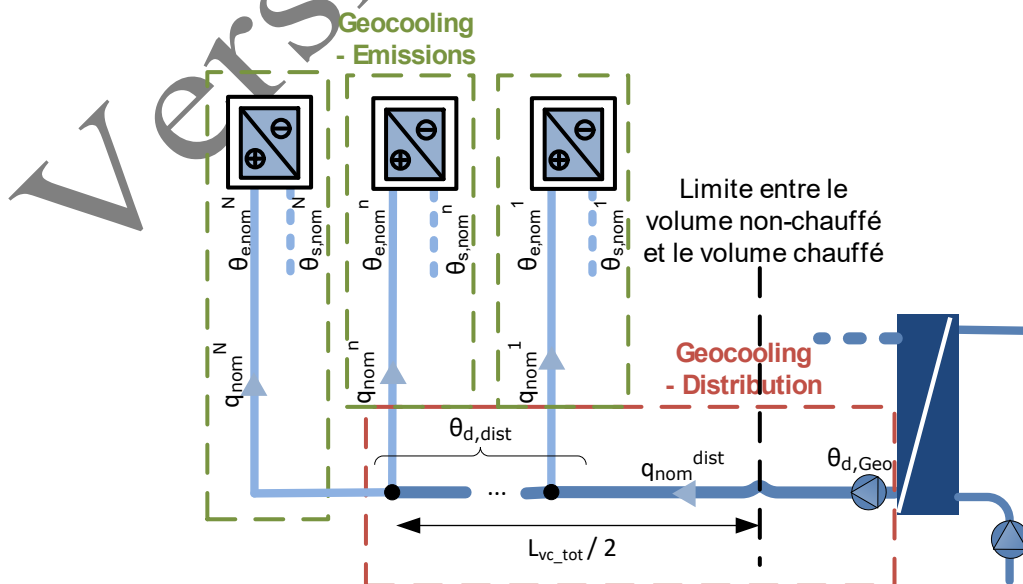
On considèrera que le système prévoit des températures de consigne identiques à un système de refroidissement. On reprend à ce titre directement la température de consigne $\theta_{cons,fr}(h)$ intégrant l'impact des périodes d'occupation, de relance et d'inoccupation, ainsi que le type d'usage du groupe. 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 §*Erreur ! Source du renvoi introuvable.* et §*Erreur ! Source du renvoi introuvable.*).

8.30.3.3 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 164 : calcul de la température d'eau froide entrant et sortant
des émetteurs dans les conditions nominales (avec échangeur
intermédiaire)**

Version du 04/08/20

8.30.3.3.1 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 considérera 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 :

$$\theta_{d,aval}(h) = MAX\left(\theta_{d,aval,pc}(h-1); \theta_{d,geo,nom} + \frac{\Delta\theta_{hyst,d,Geo}}{2}\right) \quad (1506)$$

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 :

$$\theta_{d,aval}(h) = \theta_{d,Geo}(h) = \theta_{d,geo,nom} \quad (1507)$$

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 rafraîchi est prise en compte. En effet, par soucis de simplification, on fait l'hypothèse que les portions hors volume rafraîchi 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 :

$$\theta_{d,dist}(h) = \frac{1}{q_{nom}^{dist} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc,dist} \cdot \frac{L_{vc,dist}}{2}}}{\left[\left(q_{nom}^{dist} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc,dist} \cdot \frac{L_{vc,dist}}{2}}{2} \right) \cdot \theta_{d,aval}(h) + U_{vc,dist} \cdot \frac{L_{vc,dist}}{2} \cdot \theta_{amb,fr}(h) \right]} \quad (1508)$$

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 $\theta_{vc,ref,fr} = 26^\circ\text{C}$:

$$\theta_{amb,fr}(h) = b_{dist} \cdot \theta_{vc,ref,fr} + (1 - b_{dist}) \cdot \theta_{ext}(h) \quad (1509)$$

- $q_{ef,nom}^{dist}$ est le débit nominal d'eau froide obtenu par sommation de l'ensemble des débits nominaux des distributions des groupes :

$$q_{nom}^{dist} = \sum_{em} q_{nom}^{em} \quad (1510)$$

A partir du résultat précédent, les pertes thermiques de la portion départ de la distribution intergroupes peuvent être calculées comme suit :

$$\phi_{pertes,d}^{dist}(h) = q_{nom}^{dist} \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{d,aval}(h) - \theta_{d,dist}(h)] \quad (1511)$$

8.30.3.3.2 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 $L_{vc}/2$:

$$\theta_{e,nom}^{em}(h) = \frac{1}{q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}{2}} \left[\left(q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}{2} \right) \cdot \theta_{d,dist}(h) + U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2} \cdot \theta_{i,moy(0;0)}(h) \right] \quad (1512)$$

A partir du résultat précédent, les pertes thermiques de la portion départ de la distribution du groupe peuvent être calculées comme suit :

$$\phi_{pertes,d}^{em}(h) = q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{d,dist}(h) - \theta_{e,nom}^{em}(h)] \quad (1513)$$

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 :

$$\theta_{ref}^{em}(h) = P_{emconv} \cdot \theta_{i,moy(0;0)}(h) + (1 - P_{emconv}) \cdot \theta_{rm,moy(0;0)}(h) \quad (1514)$$

Des valeurs de P_{emconv} par défaut sont proposées 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 250: Parts convectives par défaut de P_{emconv} pour le rafraîchissement en fonction de la typologie d'émetteur

Ainsi :

$$\theta_{s,nom}^{em}(h) = \frac{1}{q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{K'_{em,100\%}}{2}} \left[\left(q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{K'_{em,100\%}}{2} \right) \cdot \theta_{e,nom}^{em}(h) + K'_{em,100\%} \cdot \theta_{ref}^{em}(h) \right] \quad (1515)$$

Où $K_{em,100\%}$ ' est le coefficient d'émission corrigé pour intégrer l'impact des pertes aux dos (W/K) :

$$K_{em,100\%}' = \frac{K_{em,100\%}}{1 - P_{per}} \quad (1516)$$

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:

$$\phi_{utile,nom}^{em}(h) = (1 - P_{per}) \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{e,nom}^{em}(h) - \theta_{s,nom}^{em}(h)) \quad (1517)$$

8.30.3.3 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):

$$\phi_{utile,eff}^{em}(h) = MAX(\phi_{utile,nom}^{em}(h); \phi_{crois,raf}(h)) \quad (1518)$$

Lorsque le système fonctionne à charge partielle, c'est-à-dire sous sa puissance nominale, on considèrera 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 $\theta_{e,nom}^{em}(h)$:

$$\theta_{e,eff}^{em}(h) = \theta_{e,nom}^{em}(h) \quad (1519)$$

A partir de cette hypothèse on calcule l'ensemble des variables restantes permettant de caractériser le réseau de distribution :

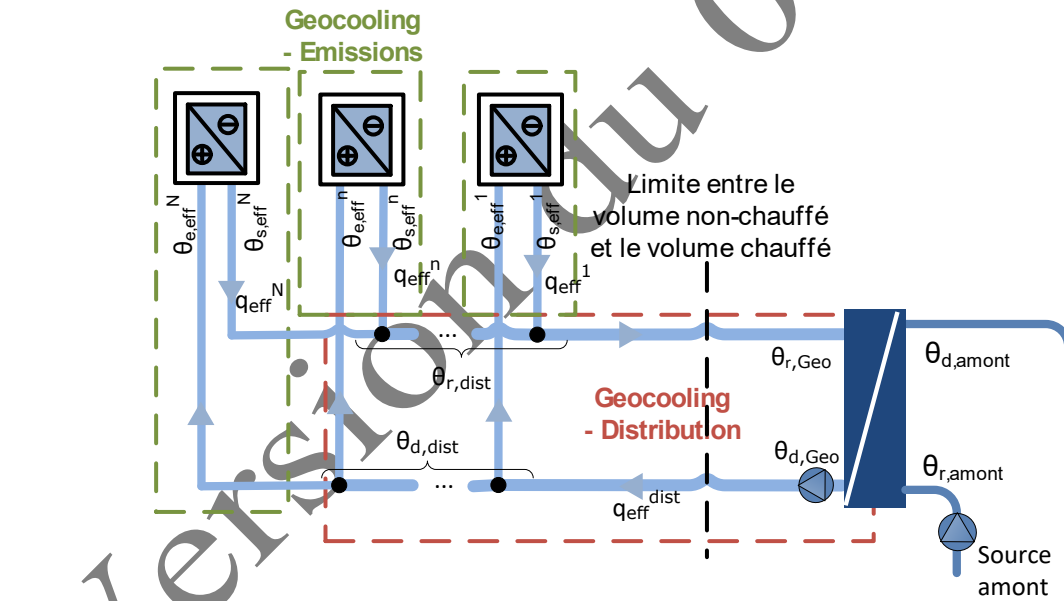


Figure 165 : variables de représentation du réseau de distribution en conditions effectives (avec échangeur intermédiaire)

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 :

$$\theta_{s,30\%}^{em}(h) = \frac{1}{0,3 \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{K'_{em,30\%}}{2}} \left[\left(0,3 \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{K'_{em,30\%}}{2} \right) \cdot \theta_{e,nom}^{em}(h) + K'_{em,30\%} \cdot \theta_{ref}^{em}(h) \right] \quad (1520)$$

$$\phi_{utile,30\%}^{em} = (1 - P_{per}) \cdot 0,3 \cdot q_{nom}^{em} \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{e,nom}^{em}(h) - \theta_{s,30\%}^{em}(h)) \quad (1521)$$

Avec $K_{em,30\%}$ ' est le coefficient d'émission corrigé pour intégrer l'impact des pertes aux dos (W/K) :

$$K_{em,30\%}' = \frac{K_{em,30\%}}{1 - P_{per}} \quad (1522)$$

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 :

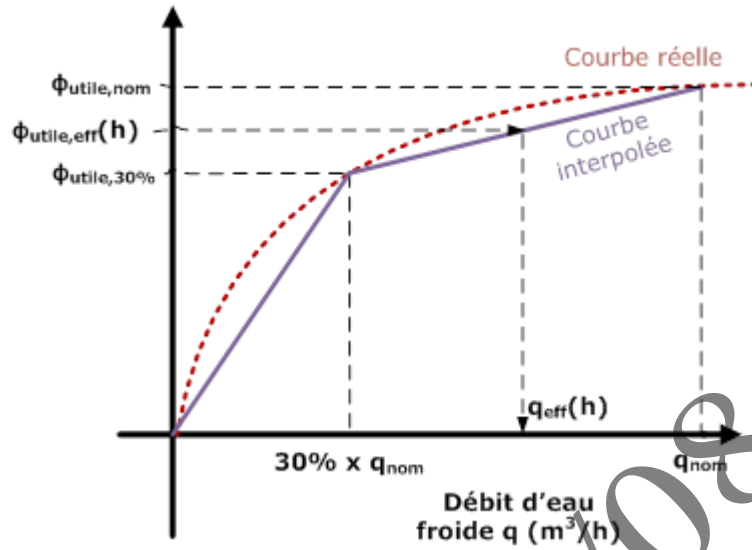


Figure 166 : relation entre puissance utile de rafraîchissement (W) et débit d'eau froide (m³/h)

Ainsi, en termes algorithmiques :

Si $|\phi_{utile,eff}^{em}(h)| > |\phi_{utile,30\%}^{em}(h)|$, alors :

$$q_{eff}^{em}(h) = \left(\frac{|\phi_{utile,eff}^{em}(h) - \phi_{utile,30\%}^{em}(h)|}{|\phi_{utile,nom}^{em}(h) - \phi_{utile,30\%}^{em}(h)|} \cdot 0,7 + 0,3 \right) \cdot q_{nom}^{em} \quad (1523)$$

Sinon,

$$q_{eff}^{em}(h) = \frac{|\phi_{utile,eff}^{em}(h)|}{|\phi_{utile,nom}^{em}(h)|} \cdot 0,3 \cdot q_{nom}^{em} \quad (1524)$$

Au final, on en déduit la température de sortie d'eau effective de l'émission de geocooling :

$$\theta_{s,eff}^{em}(h) = \theta_{e,nom}^{em}(h) - \frac{\phi_{utile,eff}^{em}(h)}{q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e} \quad (1525)$$

$\theta_{s,eff}^{em}(h)$ 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 :

$$\theta_{r,dist}^{em}(h) = \frac{1}{q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}}{\left(q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2}}{2} \right) \cdot \theta_{s,eff}^{em}(h) + U_{vc} \cdot \frac{L_{vc}}{2} \cdot \theta_{i,moy(0;0)}(h)} \quad (1526)$$

Et on en déduit les pertes thermiques de la portion retour du réseau de distribution du groupe :

$$\phi_{pertes,r}^{em}(h) = q_{eff}^{em}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{r,dist}^{em}(h) - \theta_{s,eff}^{em}(h)] \quad (1527)$$

8.30.3.4 Détermination des consommations électriques effectives d'émission et des pertes thermiques de distribution

8.30.3.4.1 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 considérera 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 :

$$W_{aux,vent}^{em}(h) = P_{VCV,MV}^{em} \quad (1528)$$

Sinon,

$$W_{aux,vent}^{em}(h) = P_{VCV,veille}^{em} \quad (1529)$$

8.30.3.4.2 *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 :

$$q_{eff}^{dist}(h) = \sum_{em} q_{eff}^{em}(h) \quad (1530)$$

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 :

$$\theta_{r,dist}(h) = \frac{\sum_{em} (q_{eff}^{em}(h) \cdot \theta_{s,eff}^{em}(h))}{q_{eff}^{dist}(h)} \quad (1531)$$

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 8.30.3.3.1 :

$$\theta_{r,aval}(h) = \frac{1}{q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e + \frac{U_{vc,Lmax} \cdot L_{max}}{2}} \left[\left(q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e - \frac{U_{vc,Lmax} \cdot L_{max}}{2} \right) \cdot \theta_{r,dist}(h) + U_{vc,Lmax} \cdot L_{max} \cdot \theta_{amb_{fr}}(h) \right] \quad (1532)$$

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 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

On en déduit les pertes thermiques sur la portion retour de la distribution intergroupes :

$$\phi_{pertes,r}^{dist}(h) = q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{r,aval}(h) - \theta_{r,dist}(h)] \quad (1533)$$

8.30.3.5 *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.

8.30.3.5.1 *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 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

$$Q_{geo,eff}(h) = q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e [\theta_{r,aval}(h) - \theta_{d,aval}(h)] \quad (1534)$$

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.

8.30.3.5.2 *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,

$$W_{circ}^{dist}(h) = P_{circ,nom} \quad (1535)$$

Si $id_{circ}=2$ (circulateurs à vitesse variable et du réseau à une pression différentielle constante),

$$W_{circ}^{dist}(h) = \left(\frac{q_{eff}^{dist}(h)}{q_{nom}^{dist}} \right)^{2/3} \cdot P_{circ,nom} \quad (1536)$$

Si $id_{circ}=3$ (circulateurs à vitesse variable et variation de la pression différentielle du réseau),

$$W_{circ}^{dist}(h) = \left(0,5 \cdot \frac{q_{eff}^{dist}(h)}{q_{nom}^{dist}} + 0,5 \cdot \left(\frac{q_{eff}^{dist}(h)}{q_{nom}^{dist}} \right)^2 \right)^{2/3} \cdot P_{circ,nom} \quad (1537)$$

Où q_{nom}^{dist} est calculé selon l'équation (1510).

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.

8.30.3.5.3 *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 :

$$\begin{aligned} \Phi_{pertes,vc}^{em}(h) = & W_{aux,vent}^{em}(h) + \phi_{pertes,d}^{em}(h) + \phi_{pertes,r}^{em}(h) \\ & + Part_{recup_intgr} \cdot \frac{q_{eff}^{em}(h)}{q_{eff}^{dist}(h)} \cdot (\phi_{pertes,d}^{dist}(h) + \phi_{pertes,r}^{dist}(h)) \end{aligned} \quad (1538)$$

Où $Part_{recup_intgr}$ 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 :

$$\Phi_{pertes,vc}^{em}(h) = W_{aux,vent}^{em}(h) \quad (1539)$$

A noter qu'à l'instar de l'hypothèse faite dans la méthode Th-BCE, §10.9.3.3.2 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 12.1 de la méthode Th-BCE pour le groupe contenant l'émission du geocooling, conformément aux spécifications de l'ouverture relative au rafraîchissement.

8.30.3.5.4 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 :

$$\Phi_{rejet,geo}(h) = Q_{geo,eff}(h) \quad (1540)$$

8.30.3.5.4.1 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 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

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 », proposée au chapitre 10.23.3.3.2 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).

$$NUT(h) = \frac{3600 \cdot UA_{geo,nom}}{\rho_e \cdot c_e \cdot MIN(q_{eff}^{dist}(h); q_{nom,geo})} \quad (1541)$$

On détermine le coefficient de déséquilibre de l'échange thermique :

$$C(h) = \frac{MIN(q_{nom,geo}; q_{eff}^{dist}(h))}{MAX(q_{nom,geo}; q_{eff}^{dist}(h))} \quad (1542)$$

Si $C(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1543)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{geo}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}}{1 - C(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1-C(h))}} \quad (1544)$$

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 :

$$\theta_{d,aval,pc}(h) = \theta_{r,aval}(h) + \varepsilon_{geo}(h) \cdot \frac{MIN(q_{nom,geo}; q_{eff}^{dist}(h))}{q_{eff}^{dist}(h)} \cdot (\theta_{r,aval}(h) - \theta_{r,amont}(h)) \quad (1545)$$

La puissance nominale équivalente de l'échangeur de géocooling à communiquer à la source amont géothermique est calculée de la manière suivante :

$$P_{n,geo}(h) = q_{eff}^{dist}(h) \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{r,aval}(h) - \theta_{d,aval,pc}(h)) \quad (1546)$$

$P_{n,geo}(h)$ est nécessairement positive ou nulle.

Le taux de charge équivalent de l'échangeur de géocooling peut être estimé de la façon suivante :

$$\tau_{charge,geo}(h) = MIN\left(1; \left| \frac{\Phi_{rejet,geo}(h)}{P_{n,geo}(h)} \right| \right) \quad (1547)$$

Si $P_{n,geo}(h)$ est nulle, alors $\tau_{charge,geo}(h) = 0\%$.

8.30.3.5.4.2 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 :

$$\theta_{d,aval,pc}(h) = \theta_{d,Geo}(h) = \theta_{r,amont}(h) \quad (1548)$$

$$\theta_{r,aval}(h) = \theta_{r,Geo}(h) = \theta_{d,amont}(h) \quad (1549)$$

8.30.3.5.5 *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 :

$$W_{aux,dis}^{em}(h) = \frac{q_{eff}^{em}(h)}{q_{eff}^{dist}(h)} \cdot (W_{circ}^{dist}(h) + W_{aux,am}(h)) \quad (1550)$$

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 :

$$W_{aux,dis}^{em}(h) = \frac{q_{nom}^{em}}{q_{nom}^{dist}} \cdot (W_{circ}^{dist}(h) + W_{aux,am}(h)) \quad (1551)$$

8.31 C BAT Fonctionnement/gestion/régulation des brasseurs d'air

8.31.1 INTRODUCTION

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, $Q_{vair_br_p_int}$ et $Q_{vair_br_p_max}$). 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 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

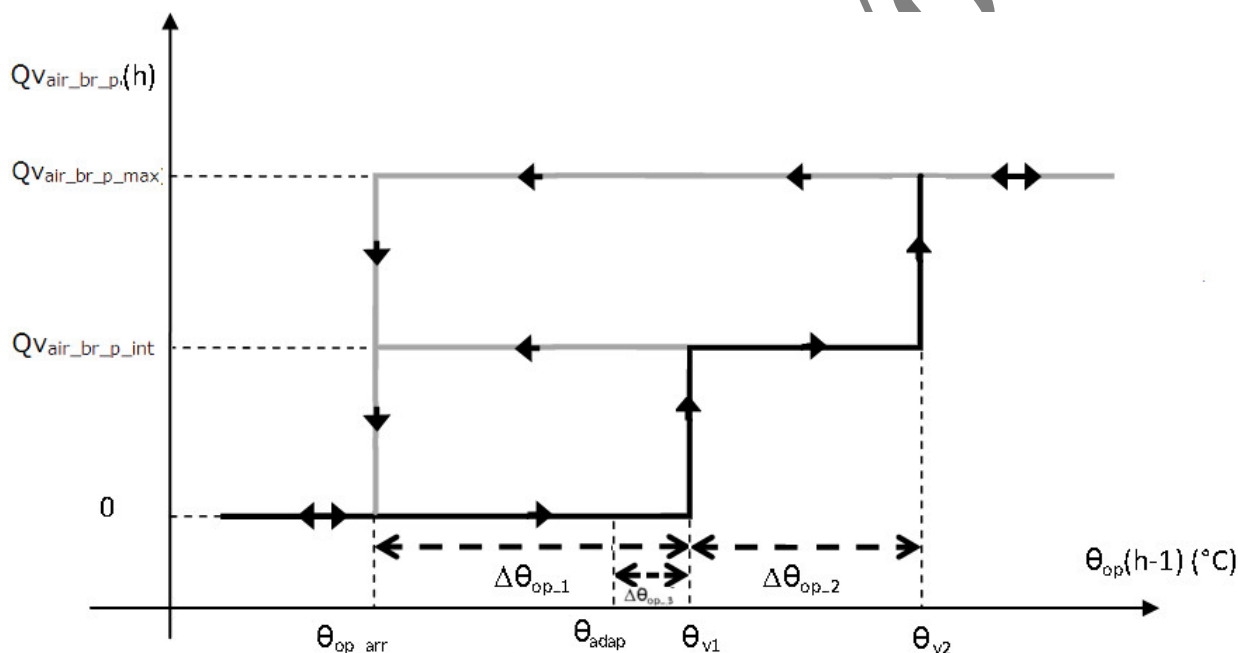


Figure I67 : Débit brassé en fonction de la température opérative intérieure au pas de temps précédent

8.31.2 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	
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				
$catégorie_CE1_CE2_{gr}$	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe (1=CE1 / 2=CE2)	-	1	2		
$Is_{climatise}^{gr}$	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}						
Δθ _{op_2_br_p_aut}	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique pour les brasseurs de type p.	°C	0	+∞		
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.	
StatutbrasseurRatUs	Valeur par défaut (0) ou personnalisée (1) des Rat_Us	-	0	1		
P _{elec_br_p_max}	Puissance électrique individuelle maximale déclarée d'un brasseur d'air de type p.	W	0	+∞		
QV _{air_br_p_max}	Débit volumique individuel maximal déclaré 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				
QV _{air_br_p(h)}	Débit volumique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	m3/h				
QV _{air_br_p_tot(h)}	Débit volumique d'un brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	m3/h				
τ _{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				
Δθ _{op^{BA-p}(h)}	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	°C				

Gestion manuelle	$\Delta\theta_{op}^{BA_jour}(h)$	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			
	$\Delta\theta_{op_1_br_man}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion manuelle.	°C	0	+∞	Voir le tableau 2
	$\Delta\theta_{op_2_br_man}$					
	$\Delta\theta_{op_3_br_man}$					
	$\theta_{op_dec_br_man}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air en gestion manuelle.	°C	0	+∞	
	$\theta_{op_dec_br_man}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air en gestion manuelle.	°C	0	+∞	
	$\theta_{op_dec_br_p_th_aut}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air de type p en gestion automatique avec thermostats.	°C	0	+∞	
	$\theta_{v1_man},$ $\theta_{v2_man},$ θ_{arr_man}	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	+∞	-
	$\theta_{v1_aut},$ $\theta_{v2_aut},$ θ_{arr_aut}	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	+∞	-

Constantes						
Nom	Description	Unité				
{Coef _{ep} (énergie ;1)}	Matrice des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-			

Tableau 251 : Nomenclature du modèle

8.31.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

8.31.3.1 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 ($Aut_{fr-pro} = 1$).

8.31.3.2 Paramètres d'intégration et intrinsèques

8.31.3.2.1 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 déclarée, $P_{elec_br_p_max}$, un coefficient correctif de 1.2 sera appliqué pour prendre en compte le caractère déclaratif
- leur puissance électrique individuelle intermédiaire $P_{elec_br_p_int}$, calculée comme étant égale à 60% de la puissance électrique maximale déclarée et corrigée d'un coefficient 1.2
- leur débit volumique horaire individuel maximal déclaré $Qv_{air_br_p_max}$, un coefficient correctif de 0.8 sera appliqué pour prendre en compte le caractère déclaratif
- leur débit volumique horaire individuel intermédiaire $Qv_{air_br_p_int}$ calculé comme étant égal à 60% du débit maximal déclaré et corrigé d'un coefficient 0.8
- 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 $mode_gestion_br_p$.

8.31.3.2.2 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** : définit l'usage nuit pour les brasseurs de type p,
- **1** : définit l'usage jour pour les brasseurs de type p.
- **2** : définit 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.

8.31.3.2.3 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.

Il est offert à l'utilisateur la possibilité soit de fournir ses propres ratios de surface, soit des valeurs par défaut en fonction de la typologie de la zone concernée. La variable statutbrasseurRatUs peut prendre les valeurs suivantes :

- 0 valeurs de Rat_Us par défaut
- 1 valeurs de Rat_Us personnalisée

Si l'utilisateur choisi d'utiliser les valeurs par défaut (StatutbrasseurRat_Us=0), les valeurs du tableau 2 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	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	0.6	0.4
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	0.54	0.36
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	0.75	0
4	Enseignement primaire	0.85	0
5	Enseignement secondaire (partie jour)	0.75	0
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	0.6	0.6
7	Enseignement - université	0.75	0
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	0.75	0.6
10	Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	0.728	0.728
11	Hôtel 2* (partie nuit)	0.728	0.728
12	Hôtel 3* (partie nuit)	0.728	0.728
13	Hôtel 4* et 5*(partie nuit)	0.728	0.728
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	0.5179	0
15	Hôtel 3*, 4* et 5*(partie jour)	0.79	0
16	Bureaux	0.7	0
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	0.7	0.7
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	0.7	0
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	0.7	0
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	0.7	0
22	Commerce, magasin, zones commerciales	0.93	0
24	Etablissement sportif scolaire	0.75	0
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	0.6	0.5
27	Hôpital (partie nuit)	0.75	0.45
28	Hôpital (partie jour)	0.65	0
29	Transport - aéroport	1	0
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	0.65	0.6

32	Industrie - 3x8h	0.7	0.6
33	Industrie - 8h à 18h	0.7	0
34	Tribunal	0.9	0
36	Etablissement sportif municipal ou privé	0.75	0
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	0.7	0
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	0.7	0

Tableau 252 : 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)

$$Rat_{Us_BA_p} = 1$$

Si l'utilisateur choisi des valeurs personnalisées (StatutbrasseurRatUs=1), seuls les locaux listés dans le tableau 3 et numérotés conformément aux scénarii conventionnels sont concernés.

N° d'usage	Type d'usage associé	Jour	Nuit
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	1	1
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	1	1
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	1,3,4,5	-
4	Enseignement primaire	1,3,4,5	-
5	Enseignement secondaire (partie jour)	1,3,4,5,6,7,8	-
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	2	2
7	Enseignement - université	1,3,4,5,6,7	-
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	1,3,6,7	3,6
10	Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	2	2
11	Hôtel 2* (partie nuit)	2	2
12	Hôtel 3* (partie nuit)	2	2
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	2	2
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	1,4	-
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	1,4,5,6	-
16	Bureaux	1,2	-
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	1	1
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	1	-
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	1	-
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	1	-
22	Commerce, magasin, zones commerciales	3,4,5	-
24	Etablissement sportif scolaire	1	-
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	1,3	3
27	Hôpital (partie nuit)	1,5,6,7,8	1,5,7
28	Hôpital (partie jour)	1,5,6,7	-
29	Transport - aéroport	1,2,3,4,5,6	-
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	1,3	3
32	Industrie - 3x8h	1,2	2

33	Industrie - 8h à 18h	1,2	-
34	Tribunal	1,2,4,5	-
36	Etablissement sportif municipal ou privé	1	-
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	1	-
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	1	-

Tableau 253 : numéros des locaux admissibles à l'installation de brasseurs d'air au sens des scénarii conventionnels

Dans ce cas, le test de cohérence suivant doit être mis en place pour s'assurer que les valeurs renseignées sont identiques pour tous les brasseurs d'air d'une même zone et d'un même usage jour/nuit.

$$MIN \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=0} \right] = MAX \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=0} \right]$$

Et

$$MIN \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=1} \right] = MAX \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=1} \right]$$

▪ **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 tableau 3 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 :

$$\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br_p} < MIN \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=0} \right]$$

Et

$$\sum_{\forall p: Us_p=1} Rat_{br_p} < MIN \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=1} \right]$$

Et

$$\sum_{\forall p: Us_p=2} Rat_{br_p} < MIN \left[Rat_{Us_BA_p} \middle|_{\forall p \ Us_p=2} \right]$$

Si ce test n'est pas respecté, une erreur apparaît.

8.31.3.2.4 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.

8.31.3.2.4.1 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 254: Paramètres conventionnels de consigne en gestion manuelle

La valeur de $\theta_{op_dec_br_man}$ est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op_dec_br_man}(h) = \theta_{iifr}^+(h) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h) + \Delta\theta_{op_3_br_man} \quad (1552)$$

8.31.3.2.4.2 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 $\Delta\theta_{op_3_br_p_th_aut}$.

La valeur de $\theta_{op_dec_br_p_th_aut}$ est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h) = \theta_{iifr}^+(h) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h) + \Delta\theta_{op_3_br_p_th_aut} \quad (1553)$$

8.31.3.2.4.3 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 $\theta_{op_dec_br_p_aut}$.

8.31.3.3 Détermination de la vitesse d'un type p de brasseur d'air

8.31.3.3.1 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 :

$$\begin{aligned}\theta_{V1_man}(h) &= \theta_{op_dec_br_man}(h) \\ \theta_{V2_man}(h) &= \theta_{op_dec_br_man}(h) + \Delta\theta_{op_2_br_man} \\ \theta_{arr_man}(h) &= \theta_{op_dec_br_man}(h) - \Delta\theta_{op_1_br_man}\end{aligned}\quad (1554)$$

Pour une gestion automatique avec thermostat:

$$\begin{aligned}\theta_{V1_th_aut}(h) &= \theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h) \\ \theta_{V2_th_aut}(h) &= \theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h) + \Delta\theta_{op_2_br_p_th_aut} \\ \theta_{arr_th_aut}(h) &= \theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h) - \Delta\theta_{op_1_br_p_th_aut}\end{aligned}\quad (1555)$$

Pour une gestion toute automatique :

$$\begin{aligned}\theta_{V1_aut} &= \theta_{op_dec_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_3_br_p_aut} \\ \theta_{V2_aut} &= \theta_{op_dec_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_3_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_2_br_p_aut} \\ \theta_{arr_aut} &= \theta_{op_dec_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_3_br_p_aut} - \Delta\theta_{op_1_br_p_aut}\end{aligned}\quad (1556)$$

8.31.3.3.2 *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 $Aut_fr_pro^{gr}(h) = vrai$.

8.31.3.3.3 *Prise en compte de la gestion-régulation des brasseurs d'air de type p*

8.31.3.3.3.1 *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 :

$$\begin{aligned}Si\ i_{occ_zone}(h)=0, alors \\ Qv_{air_br_p}(h) = 0\end{aligned}\quad (1557)$$

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.

$$\begin{aligned}Pour\ Usp = 1 : jour, \\ Si\ h_leg(h) > 22h\ ou\ h_leg(h) \leq 6h, alors \\ Qv_{air_br_p}(h) = 0\end{aligned}\quad (1558)$$

$$\begin{aligned}Pour\ Usp = 0 : nuit, \\ Si\ h_leg(h) \leq 22h\ et\ h_leg(h) > 6h, alors \\ Qv_{air_br_p}(h) = 0\end{aligned}\quad (1559)$$

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.

8.31.3.3.2 Gestion – régulation en fonction de la température opérative intérieure

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 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 §8.31.3.3.1).

L'algorithme est décrit en détails ci-dessous dans l'hypothèse d'une régulation manuelle :

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr_man} \\
 & \quad Qv_{air_br_p}(h) = 0 \\
 & \text{Sinon, si } \theta_{arr_man} \leq \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v1_man} \\
 & \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p}(h-1) \\
 & \text{Sinon, si } \theta_{v1_man} \leq \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_man} \\
 & \quad Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_int} ; Qv_{air_br_p}(h-1)) \\
 & \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_man} \\
 & \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max} \times 0.8
 \end{aligned} \tag{1560}$$

Rq: Le coefficient "0.8" à pour but de prendre en compte le caractère déclaratif du débit maximal déclaré par l'utilisateur

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,

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } i_{\text{hébergement}} = 1 \text{ et } (h_leg(h) > 22h \text{ ou } h_leg(h) \leq 6h) \\
 & \quad Qv_{air_br_p}(h) = \min(Qv_{air_br_p}(h); Qv_{air_br_p_int}) \\
 & \text{Si gestion manuelle \& [Si } h_leg(h) > 23h \text{ ou } h_leg(h) \leq 6h] \\
 & \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p}(h-1)
 \end{aligned}$$

8.31.3.4 Calcul de l'impact des brasseurs d'air sur la température opérative ($\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$)

8.31.3.4.1 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 :

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = \text{Calcul_}\Delta\theta_{op}(p, Qv_{air_br_p}(h)) \tag{1561}$$

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 :

$$Qv_{air_br_p_tot}(h) = Qv_{air_br_p}(h) \cdot N_{br_p} \quad (1562)$$

On définit ensuite le taux de brassage τ_{br_p} rapporté au brasseur de type p équivalent :

$$\tau_{br_p}(h) = \frac{Qv_{air_br_p_tot}(h)}{Vol \cdot Rat_{br_p}} \quad (1563)$$

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 :

$$v_{br_p}(h) = 0,0032 \cdot \tau_{br_p}(h) \quad (1564)$$

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 $Qv_{air_br_p_max}$ 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

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = (1,8322 \cdot e^{0,0361 \cdot (\theta_{rm}(h-1) - \theta_i(h-1))}) \cdot \ln(v_{br_p}(h)) + (3,0498 \cdot e^{0,0368 \cdot (\theta_{rm}(h-1) - \theta_i(h-1))})$$

(1565)

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 $\Delta\theta_{op}^{BA-nuit}(h)$:

$$\Delta\theta_{op}^{BA-nuit}(h) = \frac{\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BAp} \right]_{\forall p: Us_p=0}} + \frac{\sum_{\forall p: Us_p=2} Rat_{br_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BAp} \right]_{\forall p: Us_p=2}} \quad (1566)$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-our}(h) = \frac{\sum_{\forall p: Us_p=1} Rat_{br_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BAp} \right]_{\forall p: Us_p=1}} + \frac{\sum_{\forall p: Us_p=2} Rat_{br_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)}{MIN \left[Rat_{Us}^{BAp} \right]_{\forall p: Us_p=2}}$$

Si $6 < h_{leg} \leq 22$, alors

$$\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA-jour}(h) \quad (1567)$$

Sinon, si $22 < h_{leg} \leq 6$, 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.

8.31.3.5 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
 $W_{abs_BA_p}(h)$:

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } Qv_{air_br_p}(h) = 0, \\
 & \quad P_{elec_br_p}(h) = 0 \\
 & \text{Sinon, si } Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_int}, \\
 & \quad P_{elec_br_p}(h) = P_{elec_br_p_int} \\
 & \text{Sinon, si } Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max} \times 0.8, \\
 & \quad P_{elec_br_p}(h) = P_{elec_br_p_max} \times 1.2
 \end{aligned} \tag{1568}$$

Rq: Le coefficient "1.2" à pour but de prendre en compte le caractère déclaratif de la puissance électrique maximale déclarée par l'utilisateur

Finalement, on calcule la consommation des auxiliaires associée aux brasseurs d'air, ainsi que le flux thermique vers l'ambiance associé à cette consommation :

$$W_{abs_BA_p}(h) = P_{elec_br_p}(h) \tag{1569}$$

$$\Phi_{th_BA_vc_p}(h) = P_{elec_br_p}(h) \tag{1570}$$

$W_{abs_BA_p}(h)$ et $\Phi_{th_BA_p}(h)$ sont sommés pour l'ensemble des brasseurs d'air présent dans le groupe gr :

$$W_{abs_BA}^{gr}(h) = \sum_{p \in gr} W_{abs_BA_p}(h) \tag{1571}$$

$$\Phi_{th_BA_vc}^{gr}(h) = \sum_{p \in gr} \Phi_{th_BA_p}(h) \tag{1572}$$

8.32 FA Bâtiments livrés sans équipements

8.32.1 INTRODUCTION

Cette fiche apporte des précisions sur la prise en compte des bâtiments livrés sans équipement de chauffage et/ou de refroidissement pour tout ou partie du bâtiment concerné.

Elle précise les règles à appliquer pour de tels bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020. La réglementation thermique à appliquer sur ces bâtiments ou parties de bâtiment livrées sans équipement de chauffage et/ou de refroidissement doit être déterminée en fonction de la date de dépôt de la demande de permis de construire et des informations connues au moment de la réalisation de l'étude thermique, notamment celles disponibles sur le formulaire de demande de permis de construire.

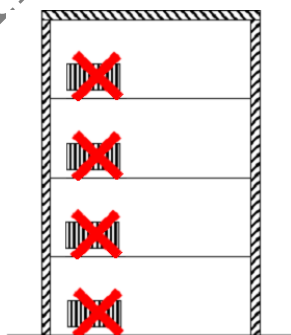
Les bâtiments ou parties de bâtiment livrés sans équipement de chauffage et/ou de refroidissement ne peuvent en outre pas faire l'objet d'une demande de label auprès des organismes certificateurs sous convention avec l'Etat.

On distingue les deux cas suivants :

Cas 1 : **bâtiment achevé, entièrement sans équipement de chauffage et/ou de refroidissement au moment de la déclaration attestant de l'achèvement et de la conformité des travaux (DAACT)**. C'est le cas par exemple des bâtiments tertiaires destinés à la location et dont les équipements énergétiques sont installés par les locataires.

Cas 2 : **bâtiment achevé, partiellement sans équipement de chauffage au moment de la déclaration attestant de l'achèvement et de la conformité des travaux (DAACT)**. C'est le cas par exemple des bâtiments mixtes tertiaire/habitation où la partie tertiaire est destinée à la location et dont les équipements énergétiques sont installés par les locataires. Dans ce cas la partie habitation pourra faire l'objet d'une demande de label auprès des organismes certificateurs sous convention avec l'Etat.

8.32.2 CAS 1 : CAS DES BATIMENTS ACHEVES SANS EQUIPEMENT DE CHAUFFAGE



8.32.2.1 Description

Il s'agit ici de traiter les bâtiments pour lesquels le maître d'ouvrage déclare achevé un bâtiment qui répond à la description :

- ✓ de l'article 51 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RT 2012) :

« Lorsqu'un bâtiment ou une partie de bâtiment à usage autre que d'habitation, destiné à être occupé par des personnes et chauffé, est livré sans système de chauffage, il peut ne respecter que les

exigences de moyens définies au titre III, et l'exigence définie au I (2°) de l'article 7 du présent arrêté. »

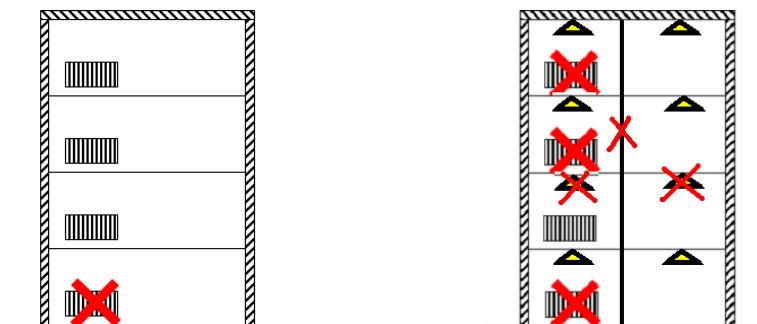
8.32.2.2 **Condition :**

Le bâtiment est destiné à être occupé par des personnes et la température normale d'occupation est supérieure à 12°C.

8.32.2.3 **Règles à suivre**

- ✓ respecter les caractéristiques thermiques et exigences de moyen des chapitres II, III, IV, V du titre III de l'arrêté du 26 octobre 2010, ainsi que les caractéristiques thermiques et exigences de moyen en fonction du type de bâtiment des chapitres I^{er}, VI, VII et VIII du titre III du même arrêté.
- ✓ respecter l'exigence sur les besoins bioclimatiques du bâtiment $B_{bio} \leq B_{bio_{max}}$;
- ✓ les équipements énergétiques qui seraient ajoutés ultérieurement au bâtiment devront être en conformité avec la réglementation thermique « par éléments » définie par l'arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017 (entré en vigueur le 1^{er} janvier 2018) relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants ;
- ✓ le DPE à la construction n'est pas à réaliser. Un DPE sera réalisé lors de la mise en location ou à la vente.

8.32.3 CAS 2 : CAS DES BATIMENTS ACHEVES PARTIELLEMENT SANS EQUIPEMENT DE CHAUFFAGE



8.32.3.1 Description

Il s'agit ici de traiter les bâtiments pour lesquels le maître d'ouvrage déclare achevé une partie de bâtiment qui répond à la description de l'article 51 de l'arrêté du 26 octobre 2010 (RT 2012).

8.32.3.2 Condition

La partie de bâtiment est destinée à être occupée par des personnes et la température normale d'occupation est supérieure à 12°C.

8.32.3.3 Règles à suivre

- ✓ Pour la partie de bâtiment achevée sans équipement de chauffage :
 - respecter les caractéristiques thermiques et exigences de moyen des chapitres II, III, IV, V du titre III de l'arrêté du 26 octobre 2010, ainsi que les caractéristiques thermiques et exigences de moyen en fonction du type de bâtiment des chapitres I^{er}, VI, VII et VIII du titre III du même arrêté.
 - respecter l'exigence sur les besoins bioclimatiques du bâtiment $B_{bio} \leq B_{bio_{max}}$;
- ✓ Pour la partie de bâtiment achevée totalement équipée :
 - Respecter l'ensemble des exigences de la RE2020 (selon la réglementation thermique à laquelle est soumis le bâtiment concerné). Pour ce faire les parties non aménagées sont intégrées dans le calcul réglementaire comme des locaux non chauffés ; le coefficient « b » est alors calculé selon les règles Th-Bat ;
 - les équipements énergétiques qui seraient ajoutés ultérieurement à la partie de bâtiment livrée sans équipement devront être en conformité avec la réglementation thermique « par éléments » définie par l'arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017 (entré en vigueur le 1^{er} janvier 2018) relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants ;
 - le DPE à la construction est à réaliser uniquement sur la partie de bâtiment qui est totalement équipée au moment de la DAACT. Pour l'autre partie, le DPE à la construction n'est pas à réaliser ; un DPE sera réalisé lors de la mise en location ou à la vente.

9. ECS

9.1 **S1 BAT production instantanée ECS (dé)centralisée**

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.

Version du 04/08/2019

9.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 255 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	-			
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) du (ou des) générateurs)				
Paramètres intrinsèques du système							
		Nom	Description	Unité	Min	Max x	Conv.
(voir fiches de l'assemblage)							
Paramètres d'intégration du système							
		Nom	Description	Unité	Min	Max 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	Wh			

	chaleur au pas de temps h .		
$Rat_{\text{besoins_prim_e}}^{gr}(h)$	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	-	
$Rat_{\text{surfaces_prim_e}}$	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	-	
$A_{\text{dess_e}}$	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe	m ²	
$Q_{\text{ecs_req_tot}}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération.	Wh	
$\{Q_{\text{cef}(po;en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh	
$Rat_{\text{bes_gen_e}}^{dp-}(h)$	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	-	
$\Phi_{\text{vc_tot}}(h)$	Total des pertes thermiques et consommations d'auxiliaires transmises sous forme de chaleur aux locaux, pour la génération.	Wh	
$Rat_{\text{surf_gen}}^{gr}$	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 255 : Nomenclature du modèle

9.1.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION D'ECS INSTANTANÉE, CENTRALISÉE OU DECENTRALISÉE

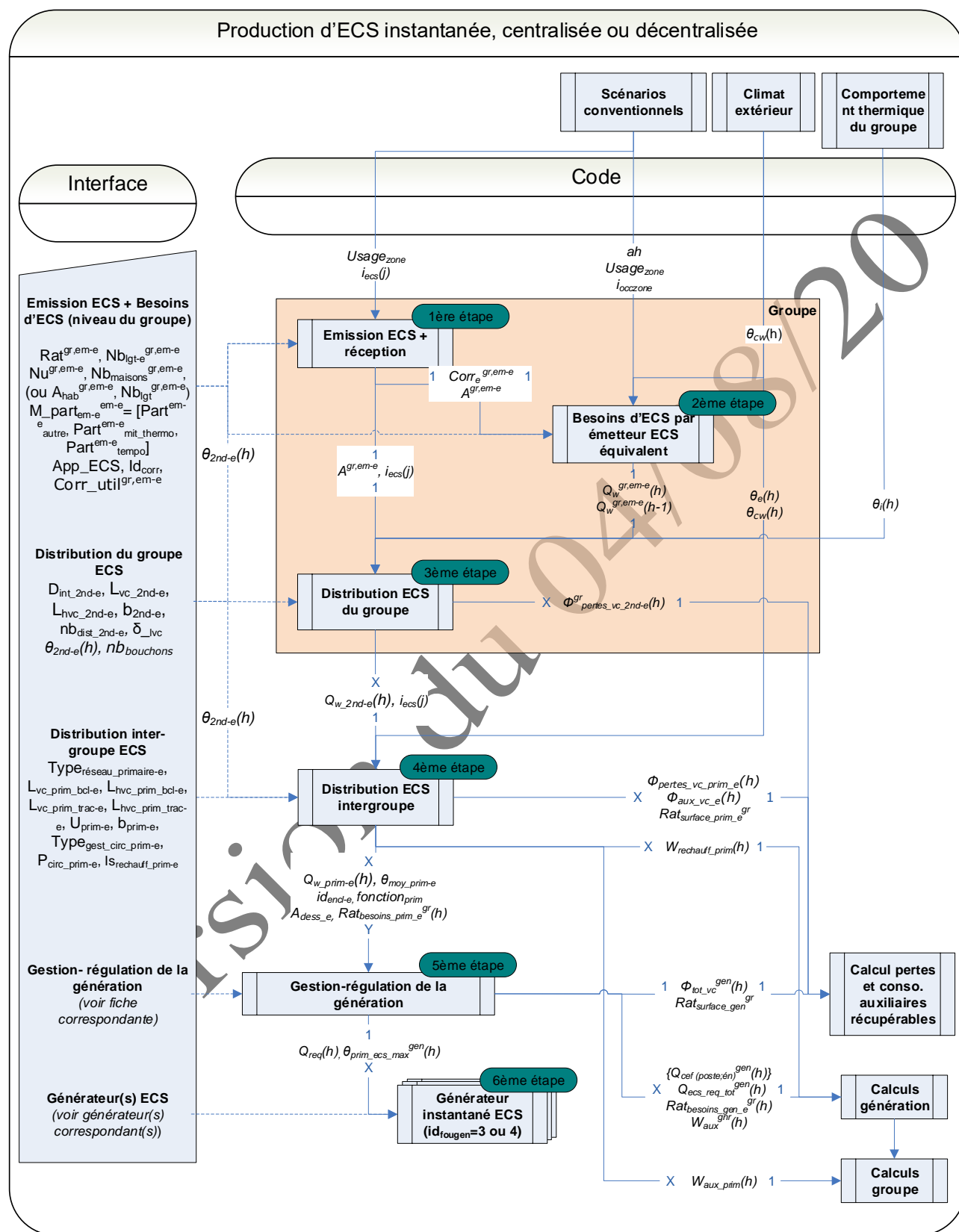


Figure 168 : Schéma d'assemblage de la production instantanée d'ECS

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 valorise 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.

Version du 04/08/20

9.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 256 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			
	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) 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	Wh			

$Rat_{\text{besoins_prim_e}}^{gr}(h)$	chaleur au pas de temps 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	-
$Rat_{\text{surfaces_prim_e}}$	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	-
$A_{\text{dess_e}}$	Surface totale des émetteurs desservis par une distribution intergroupe	m ²
$Q_{\text{ecs_req_tot}}(h)$	Demande totale en ECS au niveau de la génération.	Wh
$\{Q_{\text{cef}(po;en)}^{gen}(h)\}$	Matrice des consommations horaires en énergie finale de la génération.	Wh
$Rat_{\text{bes_gen_e}}^{dp-}(h)$	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
$Rat_{\text{surf_gen}}^{gr}$	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 256 : Nomenclature du modèle

9.2.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION D'ECS CENTRALISEE OU DECENTRALISEE AVEC STOCKAGE(S)

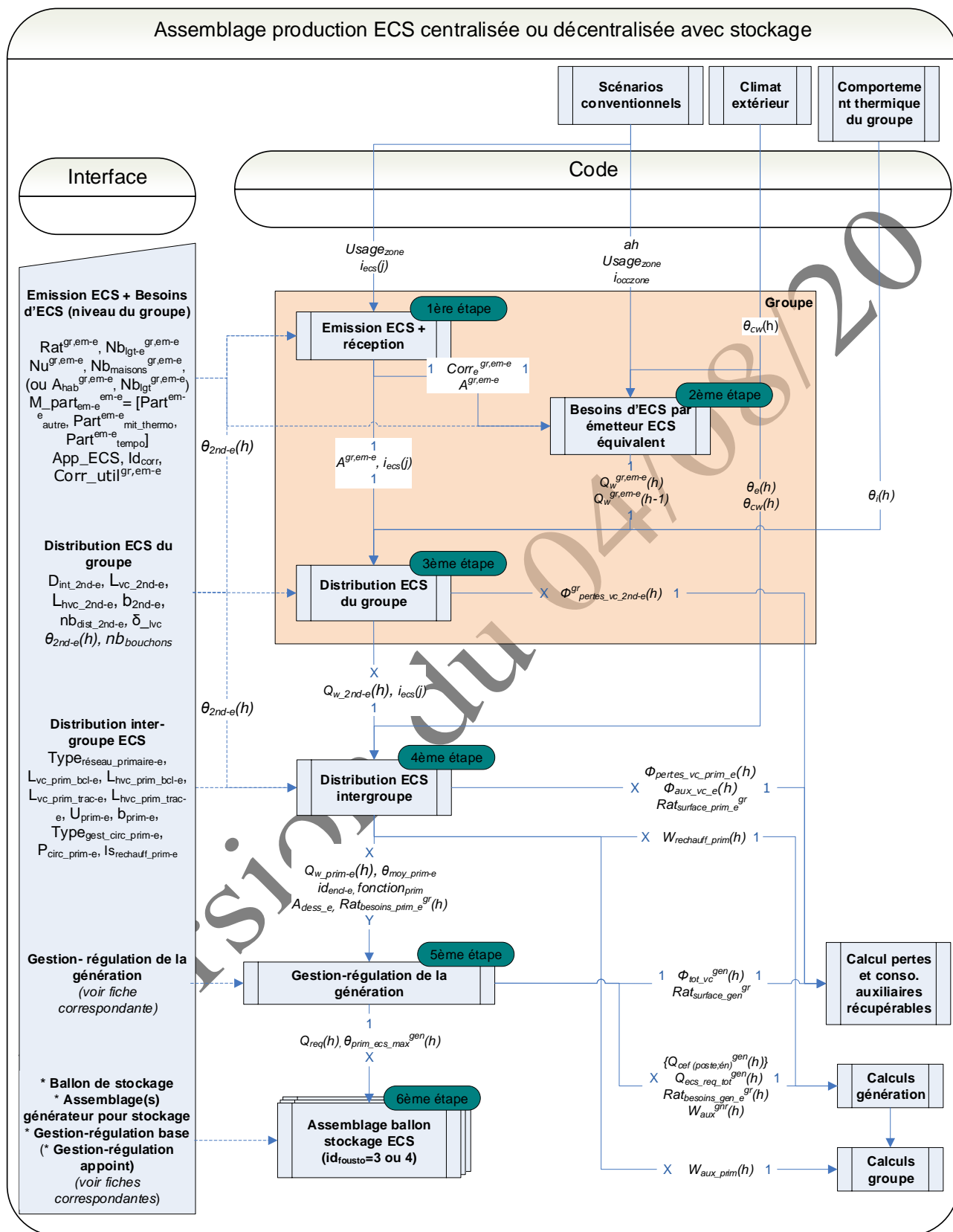


Figure 169 : Schéma d'assemblage de la production d'ECS avec stockage

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 valorise 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 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 avec appoints décentralisés.

Version du 04/08/20

9.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 257 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			
	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 génération)	°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 S1_Syst_Assemblage de la génération				
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
$Rat_{bes_gen_e}^{dp-}(h)$	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 <i>gr</i> 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
$C_{ef_ecs}^{gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par assemblage et par groupe	Wh
$C_{ep_ecs}^{gr}$	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

$$\begin{matrix} C_{ef_ele}^{gr}, \\ C_{ef_rdc}^{gr} \} \\ \{ C_{ep_gaz}^{gr}, \\ C_{ep_fod}^{gr}, \\ C_{ep_cha}^{gr}, \\ C_{ep_boi}^{gr}, \\ C_{ep_ele}^{gr}, \\ C_{ep_rdc}^{gr} \} \end{matrix}$$

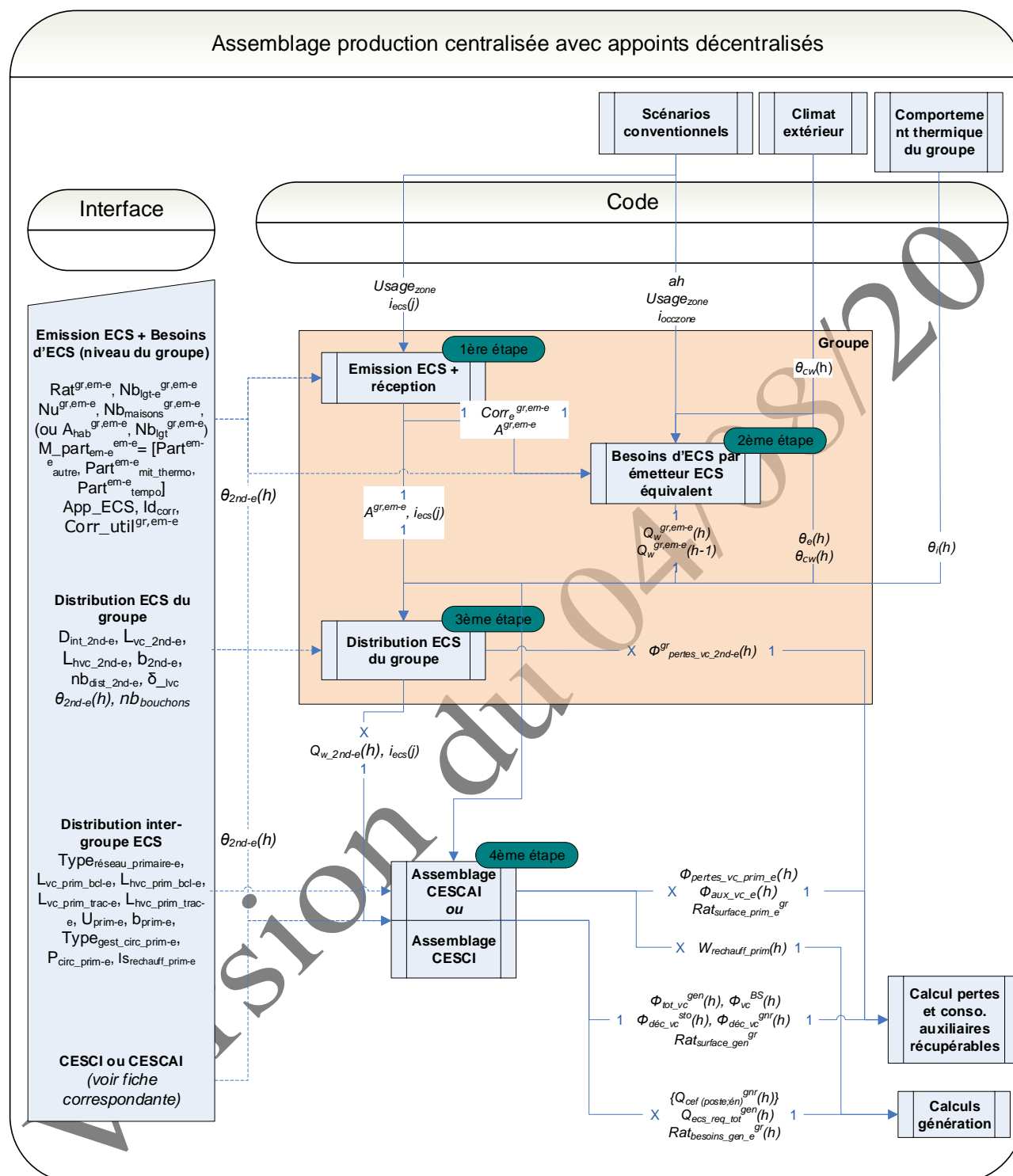
Matrice des consommations annuelles
d'énergie primaire (de chaud, de froid et
d'ECS) par assemblage et par groupe

Wh

Variables internes			
Nom	Description	Unité	
(voir fiches de l'assemblage)			
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
(voir fiches de l'assemblage)			

Tableau 257 : 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 CESCOI

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 valoriser 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 CESCOI

Voir les fiches d'assemblage CESCO ou CESCOI (dont les fiches algorithmes sont respectivement notées S2_GEN_CESCO et S2_GEN_CESCOI).

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 algorithme 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.

Version du 04/08/20

9.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 258 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	-			
	$Rat_{besoins_prim-ch}^g$	Ratio des besoins de chauffage d'un groupe	-			

$r(h)$	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	
$Rat_{bes_gen_e}^{dp}(h)$	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 258 : Nomenclature du modèle

9.4.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE LA PRODUCTION MIXTE

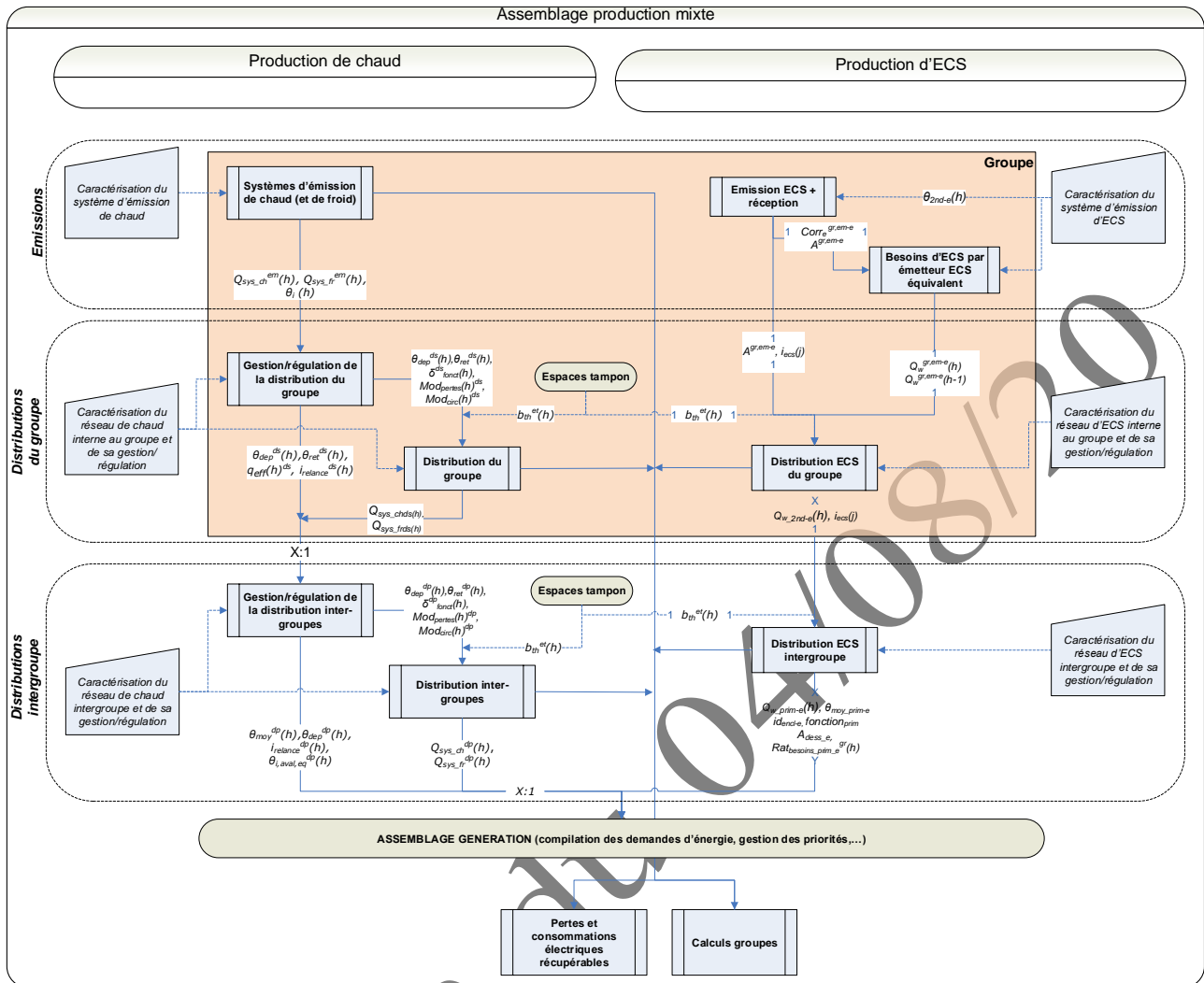


Figure 170 : Schéma d'assemblage de la production mixte ECS/chauffage

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 chaine de production de l'ECS

Les calculs de la chaine 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 chaine de production de chauffage

Les calculs de la chaine 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 valoriser les émetteurs et appareils d'ECS économes.

Version du 04/08/20

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			
Zone		$Type_usage^z$	Type d'usage de la zone z	-			
		$I_{ecs}(j)$	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.
		$gain_{em}^{gr,em-e}$	Gain sur les besoins d'ECS dû aux émetteurs d'ECS	-	0	0,07	
		$gain_{app}^{gr,em-e}$	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.
		$Rat_{em}^{gr,em-e}$	Ratio de surface utile du groupe desservie par un émetteur d'ECS équivalent	-	0	1	
		A^{gr}	Surface totale du groupe	m ²	0	+∞	
		$Nb_{maison}^{gr,em-e}$	Nombre de maisons desservies par un émetteur d'ECS équivalent (supérieur à 1 pour les maisons accolées)	-	0	+∞	
		$Nb_{logement}^{gr,em-e}$	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	+∞	
		$part_{mélangeur}^{gr,em-e}$	Part des besoins d'ECS passant par des mélangeurs pour un émetteur d'ECS équivalent	-	0	1	
		$part_{mitigeur}^{gr,em-e}$	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		
$corr_{gr,em-e}$	Coefficient correctif dû aux émetteurs et appareils d'ECS, à appliquer aux besoins d'ECS de l'émetteur d'ECS équivalent : - Gains si $corr_{gr,em-e} < 1$; - Pertes si $corr_{gr,em-e} > 1$; - 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 259 : 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 :

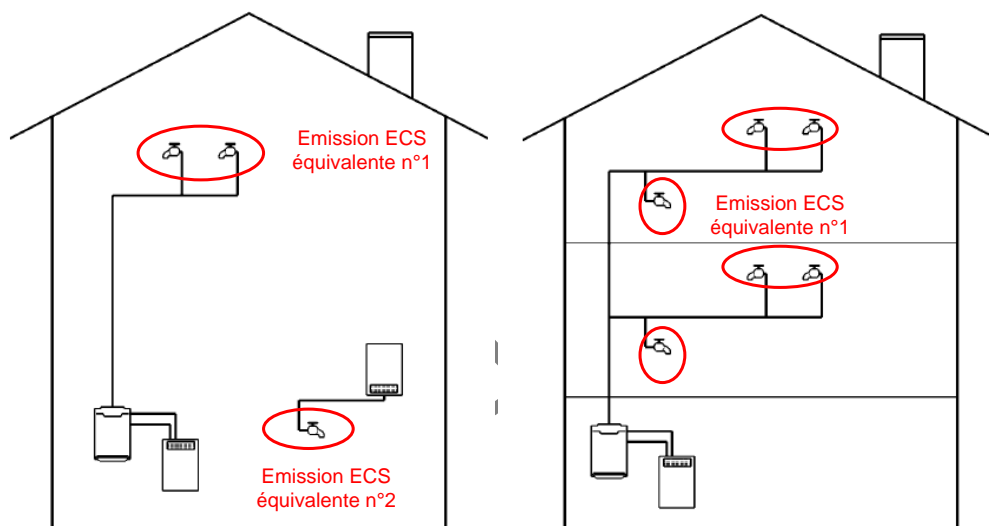


Figure 171 : Exemples de découpage en émetteurs d'ECS avec respectivement une ou deux générations (schémas issus de la NF EN 15316-3-2)

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 260 : 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.

$$\sum_{em-e \in gr} Rat_{em}^{gr,em-e} = 1 \quad (1573)$$

La surface du groupe desservie par un émetteur d'ECS équivalent s'exprime de la façon suivante :

$$A^{gr,em-e} = Rat_{em}^{gr,em-e} \times A^{gr} \quad (1574)$$

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 :

$$M_{part_{em}^{gr,em-e}} = [part_{mélangeur}^{gr,em-e}; part_{mitigeur}^{gr,em-e}; part_{temporisateur}^{gr,em-e}] \quad (1575)$$

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 261 : 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

$$corr_{em}^{gr,em-e}.$$

$$corr_{em}^{gr,em-e} = 1 - \sum_i M_part_{em}^{gr,em-e}(i) \times gain_{em}^{gr,em-e} \quad (1576)$$

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 (Type_usage ²)	$Rat_{douches-bains}$
Maison individuelle et accolée, logement collectif	80%
Hôtel partie nuit (de 0* à 5*)	90%
EHPAD	90%
Etablissements sportifs (scolaires, privés et municipaux)	90%
Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	50%
Bureaux	50%
Autres usages	0%

Tableau 262 : 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 (App_ecs)	$gain_{app}^{gr,em-e}$
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 263 : 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 :

$$corr_{app}^{gr,em-e} = 1 - Rat_{douches-bains} \times gain_{app}^{gr,em-e} \quad (1577)$$

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 :

$$corr^{gr,em-e} = corr_{app}^{gr,em-e} \times corr_{em}^{gr,em-e} \quad (1578)$$

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} .

$$\theta_{ec}^{gr,em-e} = \theta_{2nd-e}^{gr} \quad (1579)$$

Si $\theta_{ec}^{gr,em-e} < \theta_{uw}$, un message d'erreur s'affiche.

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

9.6.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 264 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	-			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS (dépend de la zone climatique)	°C			
E-m-e	$Corr_{gr,em-e}$	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	+∞	-
	$Rat_{me}^{gr,e}$	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	+∞	-
	$Nb_{lgt}^{gr,em-e}$	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	
	$Nb_{echangeur}^{gr,em-e,1}$	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)	-
$N_{max-e}^{gr,em-e}$	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)	-
$V_{uw_hebd}^{gr,em-e}$	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	-
$V_{uw,rat-relu}^{gr,em-e,u}$	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 264 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

9.6.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

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 :

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_{uw} \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) \quad (1580)$$

Le volume d'eau chaude mitigée, V_{uw} exprimé en litres, pour une heure donnée vaut :

$$V_{uw} = a \cdot ah \cdot Nu \quad (1581)$$

Avec :

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 :

Type d'usages	$a_{gr,em-e}$ (besoins d'ECS hebdo en L d'eau à θ_{uw} par unité)	$Nu_{gr,em-e}$ (nombre d'unités par émetteur ECS)
Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle ou accolée	Voir ci-dessous	Voir ci-dessous
Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	Voir ci-dessous	Voir ci-dessous
Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	52,5 L	Nombre de lits
Enseignement primaire	0,2 L	m² de surface utile
Enseignement secondaire (partie jour)	0,2 L	m² de surface utile
Enseignement secondaire (partie nuit)	330 L	Nombre de lits
Enseignement - université	0,2 L	m² de surface utile
Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	420,6 L	Nombre de chambres
Hôtel 2* (partie nuit)	586,2 L	Nombre de chambres
Hôtel 3* (partie nuit)	655,2 L	Nombre de chambres
Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	902,7 L	Nombre de chambres
Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	0,24 L	m² de surface utile
Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	0,24 L	m² de surface utile
Bureaux	1,25 L	m² de surface utile
Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	189 L	Nombre de repas par service
Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	45 L	Nombre de repas par service pour un self
Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	357 L	Nombre de repas par service
Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	306 L	Nombre de repas par service
Commerce, magasin, zones commerciales	0,24 L	m² de surface utile
Etablissement sportif scolaire	1,25 L	m² de surface utile
EHPAD	600 L	Nombre de lits
Hôpital (partie nuit)	820 L	Nombre de lits
Hôpital (partie jour)	0,24 L	m² de surface utile
Transport - aéroport	0,24 L	m² de surface utile
Industrie - 3x8h	0,2 L	m² de surface utile
Industrie - 8h à 18h	0,2 L	m² de surface utile
Tribunal	0,24 L	m² de surface utile
Etablissement sportif municipal ou privé	1200 L	Nombre de douches
Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	45 L	Nombre de repas par service
Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	95 L	Nombre de repas par service

Tableau 265 : 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

$$A^{gr,em-e} = Rat_{eme}^{gr,em-e} * A^{gr} \quad (1582)$$

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 $N_{adeq-e}^{gr,em-e}$ 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

$$A_{maison}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{maison}^{gr,em-e}} \quad (1583)$$

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{maison}^{gr,em-e} < 30m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (70 - A_{maison}^{gr,em-e}) & \text{si } 30m^2 \leq A_{maison}^{gr,em-e} < 70m^2 \\ 0.025 \times A_{maison}^{gr,em-e} & \text{si } A_{maison}^{gr,em-e} \geq 70m^2 \end{cases} \quad (1584)$$

On en déduit

$$Nu^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{maison}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max}^{gr,em-e} - 1.75) & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} \geq 1.75 \end{cases} \quad (1585)$$

Et

$$a^{gr,em-e} = \min \left(500; \left(40 * \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (1586)$$

- **En usage logements collectifs (Usage_{zone=2})**

La surface moyenne d'un logement desservi par l'émetteur ECS équivalent s'écrit

$$A_{lgt}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{lgt-e}^{gr,em-e}} \quad (1587)$$

Cette surface est utilisée pour calculer $N_{max}^{gr,em-e}$ comme suit :

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} < 10m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (50 - A_{lgt}^{gr,em-e}) & \text{si } 10m^2 \leq A_{lgt}^{gr,em-e} < 50m^2 \\ 0.035 \times A_{lgt}^{gr,em-e} & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} \geq 50m^2 \end{cases} \quad (1588)$$

Le nombre d'adultes équivalent total est défini par

$$N_{max}^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{lgt-e}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max}^{gr,em-e} - 1.75) & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} \geq 1.75 \end{cases} \quad (1589)$$

Et donc, les besoins unitaires s'expriment de la façon suivante :

$$a^{gr,em-e} = \min \left(500; \left(40 * \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (1590)$$

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

$$V_{uw_hebdo}^{gr,em-e} = a^{gr,em-e} \cdot Nu^{gr,em-e} \quad (1591)$$

9.6.3.3 Valorisation 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 valoriser 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 $em-e$,

$$V_{uw_hebd_corr}^{gr,em-e} = V_{uw_hebd}^{gr,em-e} \cdot corr_e^{gr,em-e} \quad (1592)$$

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

$$Q_w^{gr,em-e} = \rho_w \cdot c_w \cdot (V_{uw_hebd_corr}^{gr,em-e} \cdot ah) \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw})$$

Somme sur tous les émetteurs ECS du groupe : (1593)

$$Q_w^{gr} = \rho_w \cdot c_w \cdot \left(\sum_{em-e} (V_{uw_hebd_corr}^{gr,em-e} \cdot ah) \right) \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw})$$

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.

$$Q_{w_bruts}^{gr} = \rho_w \cdot c_w \cdot \left(\sum_{em-e} (V_{uw_hebd}^{gr,em-e} \cdot ah) \right) \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) \quad (1594)$$

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 la valorisation des appareils économes), noté $V_{uw_heβδο_corr}^{gr,em-e}$, est défini dans la partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 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 :

$$V_{uw}^{gr}(h) = \sum_{em-e \in gr} V_{uw}^{gr,em-e}(h) \quad (1595)$$

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) :

$$V_{uw}^{gr,em-e}(h) = \sum_{u \in em-e} Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1596)$$

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 :

$$V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) + V_{uw,rat-non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1597)$$

avec :

$$V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = Rat \times \frac{Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \quad (1598)$$

$$V_{uw,rat-non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = Rat \times \frac{Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \quad (1599)$$

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 :

$$Rat = \frac{100 - Rat_{douches-bains}}{100} \quad (1600)$$

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 :

$$Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u} = Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} + Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} \quad (1601)$$

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 :

$$V_{eg}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1602)$$

Équation (2054) 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 :

$$V_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1603)$$

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 :

$$\Delta\theta_{douches-bains}^{util} = 3^{\circ}\text{C} \quad (1604)$$

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 :

$$\begin{aligned} \theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h) &= \frac{V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times (\theta_{uw} - \Delta\theta_{type,douches-bains}^{util})}{V_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h)} \\ &= \theta_{uw} - \Delta\theta_{type,douches-bains}^{util} \end{aligned} \quad (1605)$$

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 :

$$N_{puisage-equiv,relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = \left[\frac{V_{uw,rat-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{V_{uw-equiv,douches-bains}^{gr,em-e}} \right] \quad (1606)$$

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 :

$$V_{uw-equiv,douches-bains}^{gr,em-e} = debit_{nominal,douches-bains}^{gr,em-e} \times \Delta t_{nominal,douches-bains}^{gr,em-e} \quad (1607)$$

Un nombre de puisages équivalents pour les douches et baignoires non reliées est calculé comme suit :

$$N_{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = \left[\frac{V_{uw,rat-non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h)}{V_{uw-equiv,douches-bains}^{gr,em-e}} \right] \quad (1608)$$

Le nombre de puisages équivalents permet de calculer un débit effectif en conservant comme

référence la durée nominale (définie conventionnellement) :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ = \frac{V_{\text{uw,rat-relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h)}{N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \times \Delta t_{\text{nominal,douches-bains}}^{\text{gr,em-e}}} \end{aligned} \quad (1609)$$

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ = \frac{V_{\text{uw,rat-non-relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h)}{N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \times \Delta t_{\text{nominal,douches-bains}}^{\text{gr,em-e}}} \end{aligned} \quad (1610)$$

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 $N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h)$. 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 $N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) = 1$:

$$\text{debit}_{\text{eg,recup}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) = N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \quad (1611)$$

sinon :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg,recup}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ \times Y_{\text{relies}}(h) \end{aligned} \quad (1612)$$

où $Y_{\text{relies}}(h)$ est le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages (facteur de concomitance), pour les appareils sanitaires reliés, calculé comme suit :

$$Y_{\text{relies}}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) - 1}} \quad (1613)$$

Si $N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) = 1$:

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg,non-recup}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ \times \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \end{aligned} \quad (1614)$$

sinon :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg,non-recup}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \\ \times \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{\text{gr,em-e,u}}(h) \times Y_{\text{non-relies}}(h) \end{aligned} \quad (1615)$$

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 :

$$Y_{non-relies}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{paysage-equiv,non-reliés,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (1616)$$

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 :

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1617)$$

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 :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{cw}} \quad (1618)$$

Le débit d'eau froide circulant dans le récupérateur de chaleur unitaire est donc calculé comme suit :

$$\begin{aligned} debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) \\ = [debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h)] \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{cw}(h-1) - \theta_{cw}} \end{aligned} \quad (1619)$$

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

$$n = 0$$

$$n_{max} = 1000$$

$$\theta_{ep}^{gr,em-e,u}(n=0) = \frac{\theta_{eg} + \theta_{cw}}{2} \text{ (Correspond à un rendement initial de l'échangeur de chaleur de 50\%)} \quad (1620)$$

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(n=0) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}}$$

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.

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (1620)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (1621)$$

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

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

Somme sur tous les émetteurs d'ECS du groupe : (1622)

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

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 :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (1623)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (1624)$$

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 : (1625)

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

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 :

$$\begin{aligned} V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) &= V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \\ &+ V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}(h)} \end{aligned} \quad (1626)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) \quad (1627)$$

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 : (1628)

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

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.

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

9.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 266 donne la nomenclature des différentes variables du modèle du réseau de distribution du groupe de l'ECS.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
Besoins ECS	$Q_w^{gr,em-e}(h-1)$	Besoins d'ECS par émetteur ECS équivalent, au pas de temps précédent h-1	Wh			
	$Q_w^{gr,em-e}(h)$	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	m ²			
	$\theta_i(h)$	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	-			
e						
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 266 : 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 CESCAI), 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 :

$$L_{vc_2nd-e} = 6 * \frac{A^{gr,em-e}}{80} \quad (1629)$$

- 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 :

$$\begin{aligned} V_{vc_2nd-e} &= \left(L_{vc_2nd-e} \times \frac{\pi \cdot D_{int_2nd-e}^2}{4} \right) \times 1000 \\ V_{hvc_2nd-e} &= \left(L_{hvc_2nd-e} \times \frac{\pi \cdot D_{int_2nd-e}^2}{4} \right) \times 1000 \end{aligned} \quad (1630)$$

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)

	Usage	$nb_{bouchons}$ (nombre de bouchons par heure de puisage)
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle ou accolée	3
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	3
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	2
4	Enseignement primaire	2
5	Enseignement secondaire (partie jour)	3
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	3
7	Enseignement - université	3
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	2
10	Hôtel 0*, 1* (partie nuit)	4
11	Hôtel 2* (partie nuit)	4
12	Hôtel 3* (partie nuit)	4
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	4
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	2
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	2
16	Bureaux	2
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	3
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	3
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	3
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	3
22	Commerce, magasin, zones commerciales	2
24	Etablissement sportif scolaire	2
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	2

27	Hôpital (partie nuit)	2
28	Hôpital (partie jour)	2
29	Transport - Aéroport	2
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	3
32	Industrie - 3x8h	2
33	Industrie - 8h à 18h	2
34	Tribunal	2
36	Etablissement sportif municipal ou privé	2
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	3
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	3

Tableau 267 : 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.

$$\begin{aligned}
 I_{\text{successif}} &= 1 \text{ si } Q_w^{gr,em-e}(h-1) = 0 \text{ et } Q_w^{gr,em-e}(h) \neq 0 \\
 &= \frac{nb_{\text{bouchons}}-1}{nb_{\text{bouchons}}} \text{ si } Q_w^{gr,em-e}(h-1) \neq 0 \text{ et } Q_w^{gr,em-e}(h) \neq 0 \\
 &= 0 \text{ sinon (pas de pertes)}
 \end{aligned} \tag{1631}$$

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 :

$$\phi_{\text{pertes_vc_2nd-e}}(h) = \left(\rho_w \cdot C_w \cdot V_{\text{vc_2nd-e}} \times (\theta_{2\text{nd-e}} - \theta_i(h)) \right) \times nb_{\text{bouchons}} \times I_{\text{successif}}(h) \times nb_{\text{dist_2nd-e}} \tag{1632}$$

$$\begin{aligned}
 &\Phi_{\text{pertes_hvc_2nd-e}}(h) \\
 &= \left(\rho_w \cdot C_w \cdot V_{\text{hvc_2nd-e}} \cdot \max \left(0; (\theta_{2\text{nd-e}} - (b_{\text{therm}}(h) \times \theta_{\text{ext}}(h) + (1 - b_{\text{therm}}(h)) \times \theta_i(h))) \right) \right) \times nb_{\text{bouchons}} \times I_{\text{successif}}(h) \times nb_{\text{dist_2nd-e}}
 \end{aligned} \tag{1633}$$

$nb_{\text{dist_2nd-e}}$ est le nombre de distributions du groupe dédiées à l'ECS strictement identiques, possédant les mêmes caractéristiques géométriques (longueurs $L_{\text{vc_2nd-e}}$ et $L_{\text{hvc_2nd-e}}$, 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 :

$$Q_{w_2\text{nd-e}}(h) = Q_w^{gr,em-e}(h) + \phi_{\text{pertes_vc_2nd-e}}(h) + \phi_{\text{pertes_hvc_2nd-e}}(h) \tag{1634}$$

9.8 **C DIS Distribution ECS intergroupe**

9.8.1 *INTRODUCTION*

Cette fiche algorithmne 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.

Version du 04/08/20

9.8.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 268 donne la nomenclature des différentes variables du modèle des distributions intergroupes d'ECS.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
ET Em-e	$\theta_{ext}(h)$	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	-			
	$A^{gr,em-e}$	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	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 268 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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 :

$$Fonction_{prim} = 3 \quad (1635)$$

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 $i_{ecs}^{ds-e}(h) > 0$

$$id_{encl-e}(j) = 1 \quad (1636)$$

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 $A^{gr,em-e}$.

$$Rat_{surfaces_prim-e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{em-e \in gr} A^{gr,em-e}}{A_{dess-e}} \quad (1637)$$

Avec

$$A_{dess_e} = \sum_{em-e \in dp-e} A^{gr,em-e} \quad (1638)$$

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.

$$Rat_{besoins_prim-e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in gr} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in dp-e} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)} \quad (1639)$$

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.

$$\theta_{départ_prim-e} = \max_{ds-e}(\theta_{2nd-e}^{ds-e}) \quad (1640)$$

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.

$$\theta_{départ_prim-e}(h) = \theta_{b4}^{centr}(h-1) \quad (1641)$$

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 :

$$\theta_{retour_prim-e} = \theta_{départ_prim-e} - 5 \quad (1642)$$

9.8.3.3.1.3 Température moyenne de la boucle

$$\theta_{moy_prim-e} = \left(\frac{\theta_{départ_prim-e} + \theta_{retour_prim-e}}{2} \right) \quad (1643)$$

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.

$$\begin{aligned}\varphi_{pertes_vc_prim-e}(h) &= U_{prim-e} \times L_{vc_prim-e} \times (\theta_{moy_prim-e} - \theta_{amb}) \times i_{dencl-e}(j) \\ \varphi_{pertes_hvc_prim-e}(h) &= \left(U_{prim-e} \times L_{hvc_prim-e} \times i_{dencl-e}(j) \times \right. \\ &\quad \left. (\theta_{moy_prim-e} - (\theta_{amb} + b_{therm}(h) \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{amb}))) \right)\end{aligned}\quad (1644)$$

Avec

$$\begin{cases} \theta_{amb} = 20^{\circ}\text{C} \\ L_{vc_prim-e} = L_{vc_prim_bcl-e} \\ L_{hvc_prim-e} = L_{hvc_prim_bcl-e} \end{cases}\quad (1645)$$

Note : les longueurs d'un réseau intergroupe bouclé sont environ deux fois plus importantes que celles d'un réseau tracé.

9.8.3.3.3 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 $I_{s_rechauf_bcl-e} = 0$

$$W_{rechauf_prim-e}(h) = 0 \quad (1646)$$

Si $I_{s_rechauf_bcl-e} = 1$

$$W_{rechauf_prim-e}(h) = \phi_{pertes_vc_prim-e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim-e}(h)$$

9.8.3.3.4 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 $type_{gest_circ-e} = 1$

$$\text{si } i_{d_encl-e}(j) = 1 \quad (1647)$$

$$W_{circ_prim-e}(h) = P_{circ-e}(* 1h)$$

$$\text{si } i_{d_encl-e}(j) = 0$$

$$W_{circ_prim-e}(h) = 0$$

Si $type_{gest_circ-e}=0$

$$W_{circ_prim-e}(h) = P_{circ-e}(*1h) \quad (1648)$$

Pour une distribution bouclée, la consommation des auxiliaires de distribution, exprimée en énergie finale, est égale à celle des circulateurs.

$$W_{aux_prim-e}^{dp-e}(h) = W_{circ_prim-e}(h) \quad (1649)$$

Et pour chaque groupe,

$$W_{aux_prim-e}^{dp-e,gr}(h) = W_{aux_prim-e}^{dp-e}(h) * Rat_{surfaces_prim-e}^{gr} \quad (1650)$$

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 :

$$\Phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc-e} * W_{aux_prim-e}^{dp-e}(h) \quad (1651)$$

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 $Is_{rechauf_bcl-e}=0$

$$Q_{w_prim-e}(h) = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h) + \phi_{pertes_vc_prim-e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim-e}(h) \quad (1652)$$

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.

$$\theta_{\text{départ_prim-e}} = \max(\theta_{\text{ds-e}}^{\text{ds-e}}) \quad (1653)$$

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 météorologie de la zone climatique.

$$\theta_{\text{retour_prim-e}} = \theta_{\text{cw}}(h) \quad (1654)$$

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 :

$$\theta_{\text{moy_prim-e}} = \theta_{\text{départ_prim-e}} \quad (1655)$$

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.

$$\begin{aligned}\phi_{pertes_vc_prim-e}(h) &= U_{prim-e} \times L_{vc_prim-e} \times (\theta_{départ_prim-e}(h) - \theta_{amb}) \times i_{dencl-e}(j) \\ \phi_{pertes_hvc_prim-e}(h) &= \left(U_{prim-e} \times L_{hvc_prim-e} \times i_{dencl-e}(j) \times \right. \\ &\quad \left. (\theta_{départ_prim-e} - (\theta_{amb} + b_{therm}(h) \times (\theta_{ext}(h) - \theta_{amb}))) \right)\end{aligned}\quad (1656)$$

Avec

$$\begin{cases} \theta_{amb} = 20^{\circ}\text{C} \\ L_{vc_prim-e} = L_{vc_prim_trac-e} \\ L_{hvc_prim-e} = L_{hvc_prim_trac-e} \end{cases}\quad (1657)$$

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 :

$$W_{aux_prim-e}^{dp-e}(h) = W_{trac_prim-e}(h) = \phi_{pertes_vc_prim-e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim-e}(h) \quad (1658)$$

Et pour chaque groupe,

$$W_{aux_prim-e}^{dp-e,gr}(h) = W_{aux_prim-e}^{dp-e}(h) * Rat_{surfaces_prim-e}^{gr} \quad (1659)$$

La part de la consommation d'énergie des auxiliaires transmise à l'ambiance (en Wh) se calcule comme suit :

$$\Phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc-e} * W_{aux_prim-e}^{dp-e}(h) \quad (1660)$$

Conventionnellement, on considérera 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 :

$$Q_{w_prim-e} = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h) \quad (1661)$$

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.

$$\begin{aligned}\theta_{\text{départ_prim-e}} &= \max_{ds-e}(\theta_{2nd-e}^{ds-e}) \\ \theta_{\text{retour_prim-e}} &= \theta_{cw}(h) \\ \theta_{\text{moy_prim-e}} &= \theta_{\text{départ_prim-e}}\end{aligned}\tag{1662}$$

Les pertes de distribution intergroupe sont nulles :

$$\begin{aligned}\varphi_{\text{pertes_vc_prim-e}}(h) &= 0 \\ \varphi_{\text{pertes_hvc_prim-e}}(h) &= 0\end{aligned}\tag{1663}$$

Les besoins d'ECS en entrée du réseau intergroupe sont identiques à ceux en sortie du (ou des) réseau(x) du groupe :

$$Q_{w_prim-e} = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h)\tag{1664}$$

La consommation des auxiliaires de distribution intergroupe d'ECS est nulle.

$$\begin{aligned}W_{\text{aux_prim-e}}^{dp-e} &= W_{\text{aux_prim-e}}^{dp-e,gr} = 0 \\ \Phi_{\text{aux_vc}} &= 0\end{aligned}\tag{1665}$$

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.

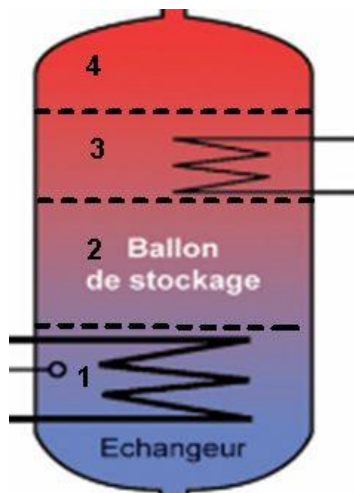


Figure 172 : schéma du ballon à quatre zones

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 269 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			
Ech. interne		$\theta_{amb}(h)$	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			
		$z_{bas,ech}$	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 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	$^{\circ}C$
$\phi_{pertes}(h)$	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)	$^{\circ}C$

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	$^{\circ}C$
$\overline{\theta_{bz}}$	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	$^{\circ}C$
$\theta_{b[z]}(h-1)$	Températures des zones du ballon au pas de temps précédent	$^{\circ}C$
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 269 : 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 270 et Tableau 271

$$UA_{S_util} = UA_S \quad (1666)$$

- 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 270 et Tableau 271,

$$UA_{S_util} = 1,1 \times UA_S \quad (1667)$$

- Par défaut, les valeurs indiquées dans le Tableau 270 et dans le Tableau 271 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 vertical de volume supérieur ou égal à 75 l vertical de volume inférieur à 75 l	$Qpr = 0,939 + 0,0104 V_{tot}$ $Qpr = 0,224 + 0,0663 V_{tot}^{2/3}$ $Qpr = 0,1474 + 0,0719 V_{tot}^{2/3}$	NF EN 60379
autres ballons	$Qpr = 0,189 \cdot V_{tot}^{0,55}$	NF EN 15332

Tableau 270 : Valeurs par défaut et normes de détermination des pertes des ballons

Avec

$$UA_{s_util} = Q_{pr} * \frac{1000}{45 * 24} \quad (1668)$$

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 271 : Valeurs par défaut et normes de détermination des pertes des ballons

Le coefficient de pertes du ballon est réparti proportionnellement entre les zones

$$U_z = UA_{s_util} * \frac{V_z}{V_{tot}} \quad (1669)$$

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 :

$$\Phi_{pertes,z}(h) = U_z * (\theta_{bz}(h - 1) - \theta_{amb}(h)) \quad (1670)$$

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.

$$\Phi_{pertes}(h) = \sum_z \Phi_{pertes,z}(h) \quad (1671)$$

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 :

$$\begin{aligned} z_{p,ecs} &= 4 \\ z_{inj,ecs} &= 1 \end{aligned} \quad (1672)$$

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 :

$$\theta_{bz,inj}(i) = \frac{\theta_{bz,inj}(i-1) \cdot (V_{z,inj} - V_p) + \theta_{entrant}(h) \cdot V_p}{V_{z,inj}} \quad (1673)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{prechauffee,ecs}(h) \quad (1674)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{entrant,ecs}(h) \quad (1675)$$

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 :

$$\theta_{bz}(i) = \frac{\theta_{bz}(i-1) \cdot (V_z - V_p) + \theta_{b(z-1)}(i-1) \cdot V_p}{V_z} \quad (1676)$$

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 $z_{haut,ech}$:

$$\theta_{b[z]}(i) = \theta_{b[z]}(i-1) - \frac{Q_{prel[z]}(i)}{3600 \cdot V_{[z]} \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1677)$$

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 $a + 1 \leq N_{zones}$

$$\text{si } \frac{\sum_{j=a}^{a+1} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+1} V_j} > \theta_{b(a+2)}(i) \text{ et } a + 2 \leq N_{zones} \quad (1678)$$

$$\text{si } \frac{\sum_{j=a}^{a+2} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+2} V_j} > \theta_{b(a+3)}(i) \text{ et } a + 3 \leq N_{zones}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{ba}(i) = \theta_{b(a+1)}(i) = \theta_{b(a+2)}(i) = \theta_{b(a+3)}(i) = \frac{\sum_{j=a}^{a+3} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+3} V_j} \\ \text{puis } a = 1 \end{array} \right.$$

$$\text{sinon} \begin{cases} \theta_{ba}(i) = \theta_{b(a+1)}(i) = \theta_{b(a+2)}(i) = \frac{\sum_{j=a}^{a+2} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+2} V_j} \\ \text{puis } a = 1 \end{cases}$$

$$\text{sinon} \begin{cases} \theta_{ba}(i) = \theta_{b(a+1)}(i) = \frac{\sum_{j=a}^{a+1} V_j \cdot \theta_{bj}(i)}{\sum_{j=a}^{a+1} V_j} \\ \text{puis } a = 1 \end{cases}$$

sinon $a = a + 1$

où les températures $\theta_{ba}(i)$ viennent de l'équation (1676).

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 $z = 1..N_{zone}$

$$\theta_{bz}(i) = \min(\theta_{bz}(i), \theta_{max}) \quad (1679)$$

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 $Q_{w_sto_unit_report_e}(h) \neq 0$

$$nbh_{report_e}(h) = nbh_{report_e}(h - 1) + 1 \quad (1680)$$

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.

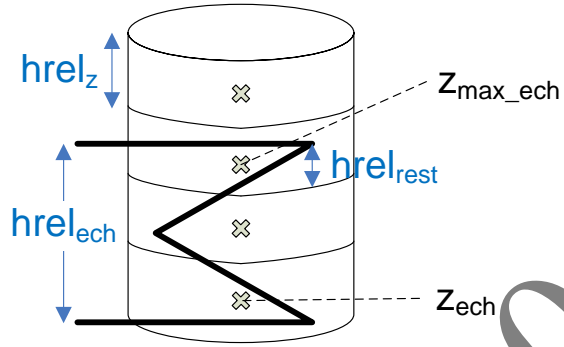
Autrement dit, la prise en compte de la hauteur de l'échangeur n'a d'impact que sur la température du ballon vue par l'échangeur (le condenseur pour les ballons thermodynamiques). Cette température se calcule de la manière suivante :

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 $hrel_{ech} \leq hrel_{(z_{ech})}$) (1681)

$$\begin{cases} z_{max_ech} = z_{ech} \\ hrel_{rest} = hrel_{ech} \end{cases}$$

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. (1682)

Calcul de la température moyenne vue par l'échangeur

Si $hrel_{ech} = 0$ (1683)

$$\theta_{b_moy_ech}(h) = \overline{\theta_{b(z_{ech})}}$$

Sinon $hrel_{ech} \neq 0$

$$\theta_{b_moy_ech}(h) = \frac{\left(\sum_{z=z_{ech}}^{z_{max_ech}-1} hrel_z \cdot \overline{\theta_{bz}} + hrel_{rest} \cdot \overline{\theta_{b(z_{max_ech})}} \right)}{hrel_{ech}} \quad (1684)$$

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).

$$\overline{\theta_{bz}} = \frac{(\theta_{bz}(h-1) + \theta_{bz}(i-1))}{2} \quad (1685)$$

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 $i \geq Nb_{iter_vp}+1$

$$\theta_{bz}(i) = \theta_{bz}(i-1) + \frac{(Q_{inj,z} - \phi_{pertes,z})}{\rho_w c_w V_z} \quad (1686)$$

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 (1686) (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, $Q_{fou,sto,base}(h)$:

$$v_{inj} = \frac{Q_{fou,sto,base}(h)}{\frac{1}{3600} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{injecte,base}(h) - \theta_{b[z_{p,base}]}(i-1))} \quad (1687)$$

$\theta_{injecte,base}(h)$ 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.

(1688)

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 $k \geq 0$, 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

(1689)

Tant que $k \geq 0$:

$$\theta_{b[k]}(i) = \frac{v_{inj} \cdot \theta_{b[k+1]}(i-1) + (V[k] - v_{inj}) \cdot \theta_{b[k]}(i-1)}{V[k]}$$

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.

$$\theta_{bz}(h) = \theta_{bz}(i_{fin}) \quad (1690)$$

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

9.10.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 272 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> 1. <i>De nuit seulement</i> 2. <i>De jour seulement</i>	-	0	2	-

$Is_{solaire_base}$	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	-	
$\theta_{cons,sortie}(i)$	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 272 : 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 :

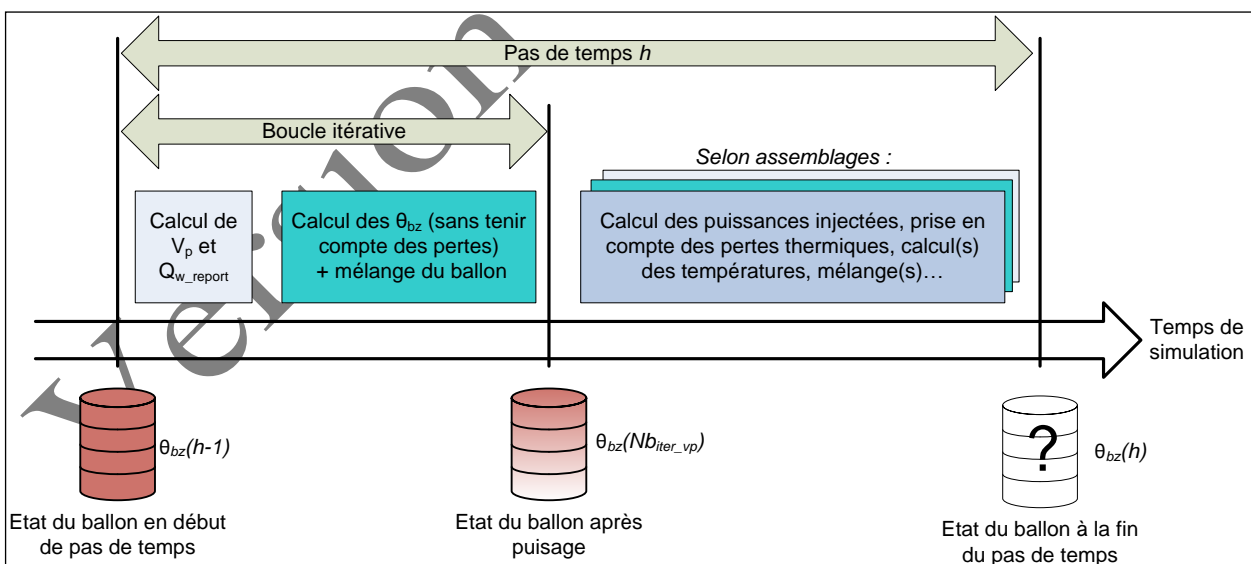


Figure 173 : étapes de calcul de la modélisation d'un ballon de stockage d'eau chaude

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 :

$$\begin{aligned} z_p(i) &= z_{p,ecs} \\ \theta_{entrant}(i) &= \theta_{entrant,ecs}(h) \\ \theta_{cons,sortie}(i) &= \theta_{depart,aval,ecs}(h) \end{aligned} \quad (1691)$$

$z_{p,ecs}$ 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 :

$$\begin{aligned} z_p(i) &= z_{p,ch} \\ \theta_{entrant}(i) &= \theta_{entrant,ch}(h) \\ \theta_{cons,sortie}(i) &= \theta_{depart,aval,ch}(h) \end{aligned} \quad (1692)$$

$z_{p,ch}$ 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 ($i=1$),

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit}(h) \quad (1693)$$

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

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1694)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))$$

sinon

$$V_p(i) = 0 \quad (1695)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i)$$

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 $Q_{w_sto_unit_report}(i) \neq 0$:

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit_report}(i-1) \quad (1696)$$

De même que précédemment :

Si $\theta_{b,zp}(i-1) > \theta_{cons,sortie}(i)$, alors,

$$V_p(i) = \min \left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{bzp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}} \right) \quad (1697)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{bzp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))$$

sinon

$$V_p(i) = 0 \quad (1698)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i)$$

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 :

$$V_p(h) = \sum_{i=1}^{Nb_{iter_vp}} V_p(i) \quad (1699)$$

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 (1691) et (1692), en fonction de la nature du service (chauffage ou ECS) concerné par la boucle itérative.

A la première itération ($i=1$), on pose

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit}(h) \quad (1700)$$

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,

$$V_p(i) = \min \left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{bzp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}} \right) \quad (1701)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{bzp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))$$

Sinon, si $\theta_{b,zp}(h-1) > \theta_{entrant}(h)$, alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{cons,sortie}(h) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1702)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(h-1) - \theta_{entrant}(i))$$

A l'issue de ces calculs, la boucle itérative est interrompue.

Sinon,

$$V_p(i) = 0 \quad (1703)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i)$$

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 $Q_{w_sto_unit_report}(i) \neq 0$)

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit_report}(i-1) \quad (1704)$$

De même que précédemment,

Si $\theta_{b,zp}(i-1) \geq \theta_{cons,sortie}(i)$, alors,

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1705)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))$$

Sinon, si $\theta_{b,zp}(i-1) > \theta_{entrant}(h)$, alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{cons,sortie}(h) - \theta_{entrant}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1706)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b,zp}(i-1) - \theta_{entrant}(i))$$

A l'issue de ces deux calculs, la boucle itérative est interrompue.

Sinon,

$$V_p(i) = 0 \quad (1707)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i)$$

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.

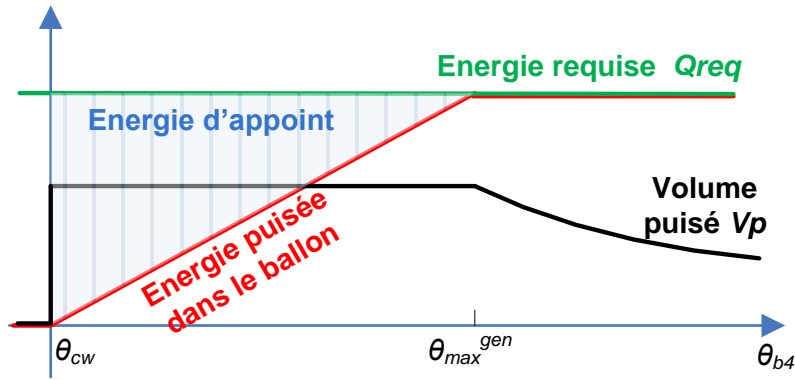


Figure 174 : logique de puisage dans le ballon dans le cas d'un générateur d'appoint séparé

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 (1691) et (1692)).

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 $qv_{ch}(h)$.

$$qv_{aval}(h) = qv_{ch}(h) \quad (1708)$$

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 ($1/12^{\text{ème}}$ d'heure) au cours du pas de temps h :

$$qv_{aval}(h) = qv_{boucle,ecs}(h) + 12 \cdot V_{efECS}(h) \quad (1709)$$

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 transposable 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

$$fp(h) = 1 \quad (1710)$$

Type_gestion = 1) De nuit seulement

Si $h_{leg}(h) > 23h$ ou $h_{leg}(h) < 5h$:

$$fp(h) = 1 \quad (1711)$$

Sinon,

$$fp(h) = 0$$

Type_gestion = 1) De jour seulement

Si $10h < h_{leg}(h) < 17h$:

$$fp(h) = 1 \quad (1712)$$

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 :

$$V_p(h) > 0$$

$$\text{ou } \theta_{b(z_{reg_base})}(h-1) < \theta_{c_base} - \Delta\theta_{base} \quad (1713)$$

$$\text{ou } \theta_{c_base} - \Delta\theta_{base} \leq \theta_{b(z_{reg_base})}(h-1) < \theta_{c_base} \text{ et } \theta_{b(z_{reg_base})}(h-2) <$$

$$\theta_{b(z_{reg_base})}(h-1)$$

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 :

$$\theta_{z_reg_base}(h-1) < \theta_{c_base} + \frac{\Phi_{pertes,z_reg_base}(h-1)}{\rho_w \cdot c_w \cdot V_{(z_reg_base)}} \quad (1714)$$

Si la condition ci-dessus est remplie pour le générateur de base, alors $i_{active,base}(h) = vrai$. Sinon, $i_{active,base}(h) = faux$.

Si la condition ci-dessus est remplie pour le générateur d'appoint, alors $i_{active,appoint}(h) = vrai$. Sinon, $i_{active,appoint}(h) = faux$.

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 $i_{active,base}(h) = vrai$, alors :

$$\begin{aligned} Q_{req_sto_base}(h) &= \max \left[\rho_w \cdot c_w \cdot \left(\sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} V_z \cdot \left(\theta_{c_base} - \frac{\sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} V_z \theta_{bz}(i-1)}{\sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} V_z} \right) \right) \right. \\ &\quad \left. + \sum_{z=z_{base}}^{N_{zone}} \phi_{pertes,z}, 0 \right] \quad (1715) \end{aligned}$$

Les températures θ_{bz} sont celles de la dernière itération effectuée (voir les algorithmes du ballon de stockage).

9.11 C STO échangeur ballon

9.11.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithmne 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 273 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	m ³ /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 externe	$[V_{[z]}]$	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 273 : Nomenclature des différentes variables du modèle

9.11.3 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE POUR L'ÉCHANGEUR EXTERNE

9.11.3.1 Principe

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 débit aval.

L'échangeur externe est supposé associé soit au réseau de distribution chauffage, soit au réseau de distribution d'ECS, qui peut être direct, bouclé ou tracé, selon la configuration représentée ci-dessous :

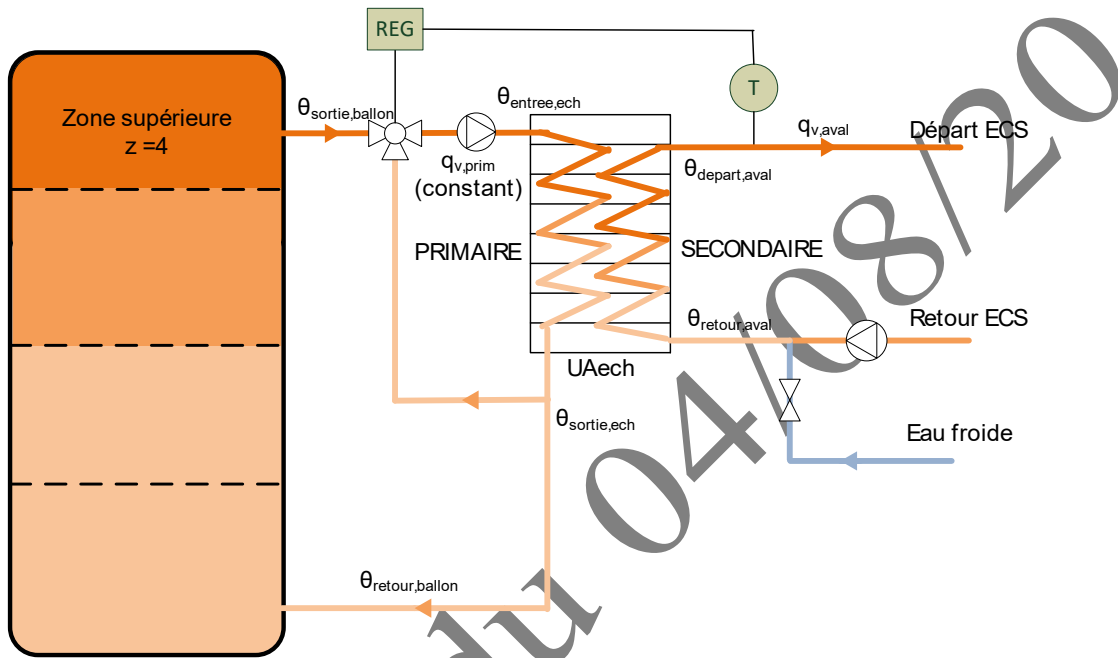


Figure 175: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur externe pour la production ECS avec réseau bouclé

Dans cette configuration, le débit d'eau circulant dans l'échangeur côté primaire est supposé constant. Une vanne 3 voies pilotée en fonction de la température de sortie du ballon et de la température départ aval ajuste le débit d'eau prélevé dans le ballon et permet de limiter la température en entrée de l'échangeur.

Dans le cas d'un assemblage avec un ballon principal et un ballon d'appoint, $\theta_{\text{sortie,ballon}}$ représente la température de la zone supérieure du ballon d'appoint et $\theta_{\text{retour,ballon}}$ la température injectée dans le ballon principal.

9.11.3.2 Calcul de l'efficacité de l'échangeur

L'efficacité de l'échangeur externe, $\epsilon_{\text{eff}}(h)$ est calculée selon la méthode du NUT, en faisant l'hypothèse d'un échangeur à contre-courant.

Bien que le débit côté distribution, $q_{v,aval}(h)$ puisse varier, on fera l'hypothèse que le coefficient d'échange UA_{ech} reste applicable quel que soit ce débit. Côté primaire, on suppose un fonctionnement à débit constant, égal à $q_{v,prim}$.

Le nombre d'unité thermique NUT(h) est défini par la relation suivante :

$$NUT(h) = \frac{3600 \cdot UA_{ech}}{\rho_e \cdot c_e \cdot \text{MIN}(q_{v,aval}(h); q_{v,prim})} \quad (1716)$$

Le rapport déséquilibre de l'échange thermique $Rd(h)$ est, quant à lui, calculé comme suit :

$$Rd(h) = \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v_prim})}{MAX(q_{v,aval}(h); q_{v_prim})} \quad (1717)$$

Si $Rd(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1718)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h) \cdot (1 - Rd(h))}}{1 - Rd(h) \cdot e^{-NUT(h) \cdot (1 - Rd(h))}} \quad (1719)$$

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 :

$$\theta_{entree_ech}(i) = \theta_{retour,aval}(h) + \frac{q_{v,aval}(h)}{\varepsilon_{eff}(h) \cdot MIN(q_{v,aval}(h); q_{v_prim})} \cdot (\theta_{depart,aval}(h) - \theta_{entrant}(h)) \quad (1720)$$

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 :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{b[zp]}(i - 1) \quad (1721)$$

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 :

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{entree_ech}(h) + \frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{q_{v_prim} \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1722)$$

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie_ech}(i) \quad (1723)$$

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} :

$$V_{puisage}(i) = q_{v_prim} \cdot \frac{\theta_{entree_ech}(h) - \theta_{sortie_ech}(h)}{\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie_ech}(h)} \quad (1724)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1725)$$

Avec $\theta_{sortie,ballon}(h) = \theta_{b[zp]}(i)$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{rest}(i) = Q_{req}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie_ech}(h)) \quad (1726)$$

Le circulateur de la boucle primaire est activé, on comptabilise donc sa consommation sur le pas de temps en cours :

$$W_{circ,prim}(h) = Pw_{circprim} \cdot t_h \quad (1727)$$

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:

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{amb}(h) \quad (1728)$$

$$V_{puisage}(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1729)$$

$$V_p(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1730)$$

$$Q_{rest}(i) = Q_{req}(h) \quad (1731)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = vrai \quad (1732)$$

Le circulateur de la boucle primaire est arrêté :

$$W_{circ,prim}(h) = 0 \text{ Wh} \quad (1733)$$

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 (1785) à (1790).

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 :

$$\theta_{entree_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(h) \quad (1734)$$

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{entree_ech}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v_prim})}{q_{v_prim}} \cdot (\theta_{entree_ech}(i) - \theta_{entrant}(h)) \quad (1735)$$

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie_ech}(i) \quad (1736)$$

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} :

$$V_{puisage}(i) = q_{v_prim} \quad (1737)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1738)$$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie_ech}(h)) \quad (1739)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = vrai \quad (1740)$$

Le circulateur de la boucle primaire est activé, on comptabilise donc sa consommation sur le pas de temps en cours :

$$W_{circ,prim}(h) = Pw_{circprim} \cdot t_h \quad (1741)$$

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 (1727) à (1733).

Version du 04/08/20

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 :

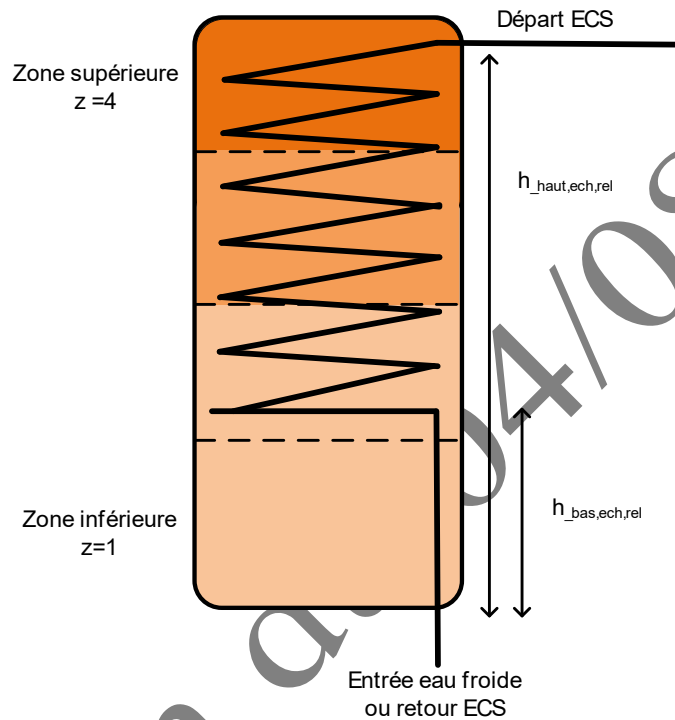


Figure 176: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur interne de production ECS

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} :

$$h_{zinf} = h_{zsup}$$

$$h_{zsup} = \frac{V_{[z]}}{V_{tot}} + h_{zinf}$$

(17
42)

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 :

$$\text{Pour } z \text{ allant de } 1 \text{ à } N_{\text{zone}} : \quad NUT_{\text{ech}[z]}(h) = \frac{UA_{\text{ech}[z]}}{q_{v,\text{aval}}(h) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1743)$$

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 :

$$Q_{\text{iter}} = V_{\text{tot}} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot 2^\circ\text{C} \quad (1744)$$

Ensuite, au cours de l'itération :

$$Q_w(i) = \text{MIN}(Q_{w\text{-sto-unit}}(i); Q_{\text{iter,ecs}}) \quad (1745)$$

Pour la zone d'indice $z = 1$:

$$Q_{\text{max}[1]}(i) = V_{[1]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot \text{MAX}(0; \theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{\text{entrant}}(h)) \quad (1746)$$

$$\Delta\theta_{\text{deb}[1]}(i) = \text{MAX}\left(0; \frac{\theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{\text{entrant}}(h)}{\frac{1}{NUT_{\text{ech}[1]}(h)} + 0,5}\right) \quad (1747)$$

Pour chaque zone d'indice $z > 1$:

$$Q_{\text{max}[z]}(i) = V_{[z]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot \text{MAX}(0; \theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{\text{entrant}}(h)) \quad (1748)$$

$$\Delta\theta_{deb[z]}(i) = MAX \left(0 ; \frac{\theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{entrant}(h) - \sum_{k=1}^{z-1} \Delta\theta_{deb[k]}(i)}{\frac{1}{NUT_{ecs[z]}(h)} + 0,5} \right) \quad (1749)$$

La température de puisage ECS disponible au début de l'itération i est donc :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{entrant}(h) + \sum_{z=1}^{Nzone} \Delta\theta_{deb[z]}(i) \quad (1750)$$

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 :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{entrant}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1751)$$

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.

$$Q_{prelevee[z]}(i) = 0 \text{ Wh} \quad (1752)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i+1) = Q_{w-sto-unit}(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1753)$$

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 §9.12.3.4.2 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 (1829) 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 :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{depart,aval}(h) - \theta_{entrant}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1754)$$

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 :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = 0 \text{ Wh} \quad (1755)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i+1) = Q_w(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1756)$$

Version du 04/08/20

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 177 ci-dessous :

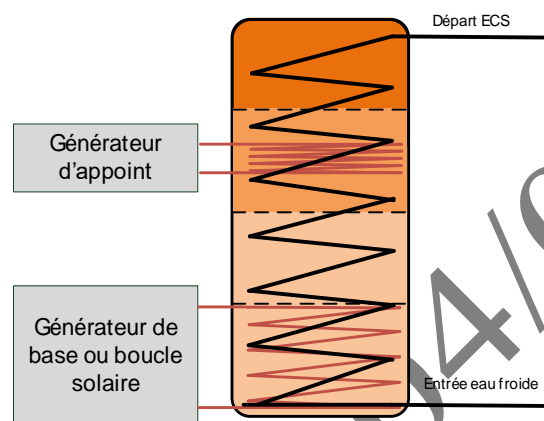


Figure 177: accumulateur ECS en eau technique avec échangeur interne

- 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 178 ci-dessous :

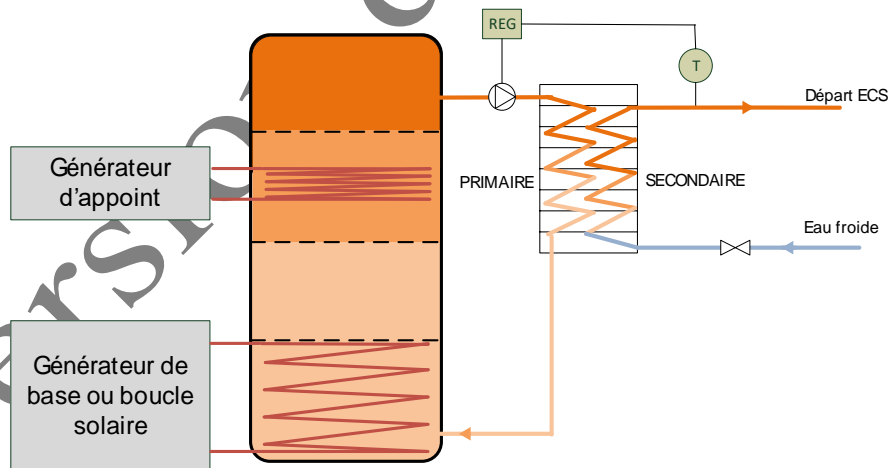


Figure 178: accumulateur ECS en eau technique avec échangeur externe

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 274 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)	m ³ /h				
$V_{ef_ecs}(h)$	Volume total d'eau chaude non-mitigée puisé au pas de temps h	m ³				
Paramètres du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Def	
Type_Assemblage	Type d'assemblage ECS parmi les suivants :					
	0) Base sans appoint	Ent	0	5		
	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	m ³	0	+∞		

Réchauffage de boucle	Type_Accumulat eur_ECS	Type d'accumulateur ECS : 0) <i>Ballon d'eau chaude sanitaire,</i> 1) <i>Ballon en eau technique avec</i> <i>échangeur immergé</i> 2) <i>Ballon en eau technique avec</i> <i>échangeur externe (préparateur)</i>	Ent	0	2	
	Type_Application	Type d'application de l'accumulateur ECS en eau technique (pour la définition de θ_{cons}) : 0) Accumulateur ECS individuel 1) Accumulateur ECS collectif (avec ou sans bouclage)	Ent	0	1	
	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 : 0) <i>Non</i> 1) <i>Oui</i>	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	$+\infty$	
	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	m ³ /h	0	$+\infty$	
	Type_Circulateur _Prep_ECS	Type de circulateur du préparateur ECS : 0) <i>Circulateur à vitesse constante</i> 1) <i>Circulateur à vitesse variable</i>	Ent	0	1	
	$P_{w_circ_prim_nom}$	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						
Echangeur externe	Nom	Description	Unité			
	$Q_{w_sto_unit_report}(i)$	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	m ³			

Echangeur interne	$W_{\text{circ_prim}}(h)$	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 de raccordé le piquage retour de l'échangeur externe	-
	$Z_{\text{retour,ech,boucle}}$	Indice de la zone du ballon sur laquelle est de raccordé le piquage retour de l'échangeur réchauffeur de boucle ECS	-
	$[Q_{\text{preleve}[z]}(i)]$	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:	-
	$V_{\text{eq-un-foisage}}(h)$	Volume ECS équivalent puisé au cours d'un puisage moyen	m ³
	$N_{\text{foisage}}(h)$	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 274 : 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 179. A chaque itération i , la boucle itérative communique les variables de températures des différentes zones du ballon $\theta_{bz}(i)$ 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 $Q_{w_sto_unit_report}(i)$.

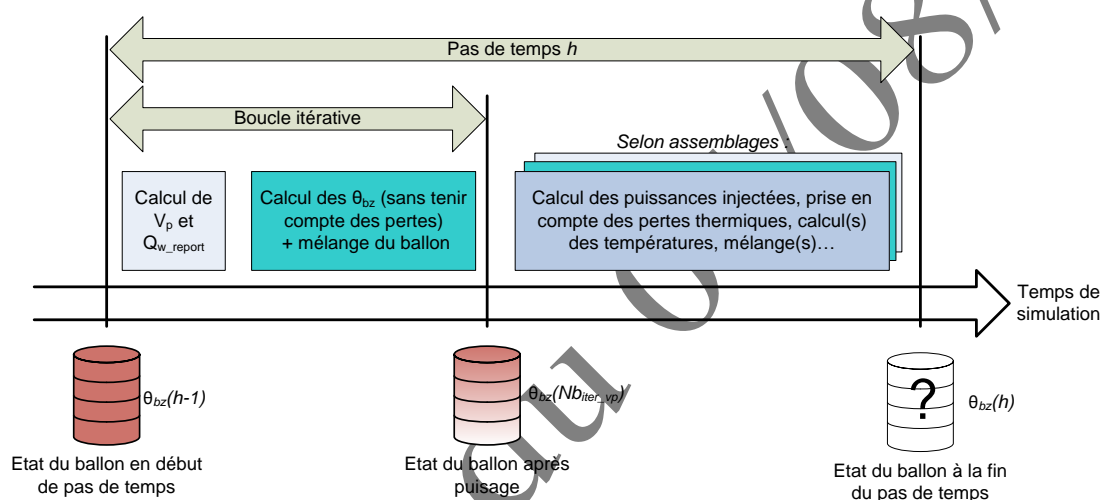


Figure 179: ballon ECS, déroulement d'un calcul sur un pas de temps

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:

$$R_{temp}(h) = \frac{40 - \theta_{ef}(h)}{\theta_{depart,aval} - \theta_{ef}(h)} \quad (1757)$$

Le volume ECS équivalent puisé au cours d'un puisage moyen est donc égal à :

$$V_{eq-un-usage}(h) = 8 \text{ (minutes)} \times 6 \text{ (l/min)} \times R_{temp}(h) \quad (1758)$$

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 $V_{eq-un-usage}$:

$$N_{usage}(h) = \text{MAX} \left(1 ; \text{ENTIER} \left(\frac{V_{ef_ecs}(h)}{V_{eq-un-usage}(h)} \right) \right) \quad (1759)$$

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 $N_{usage}(h) = 1$:

$$qv_{ef_ecs}(h) = 0,06 \times N_{usage}(h) \times 6 \text{ (l/min)} \times R_{temp}(h) \quad (1760)$$

Sinon

$$qv_{ef_ecs}(h) = 0,06 \times N_{usage}(h) \times 6 \text{ (l/min)} \times R_{temp}(h) \times Y(h) \quad (1761)$$

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 :

$$Y(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage}}(h) - 1}} \quad (1762)$$

La valeur prise par $Y(h)$ en fonction du nombre de puisage est illustrée ci-dessous :

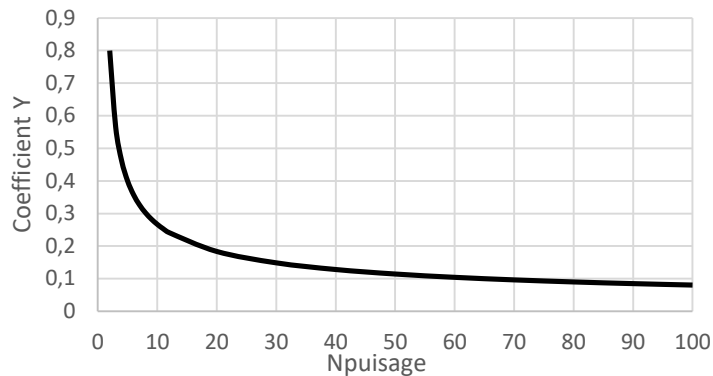


Figure 180: relation entre Y et Npuisage

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 $N_{\text{puisage}}(h) = 1$:

$$t_{\text{puis}}(h) = 2 \times 0,13 \quad (h) \quad (1763)$$

Sinon,

$$t_{\text{puis}}(h) = \text{MIN}(1; N_{\text{puisage}}(h) \times Y(h) \times 0,13) \quad (h) \quad (1764)$$

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 :

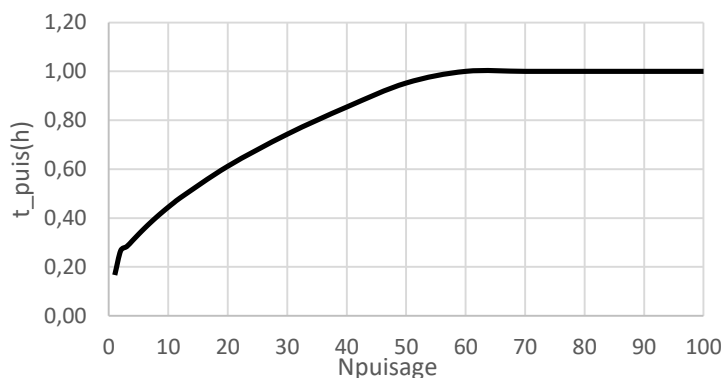


Figure 181: relation entre t_{puis} et Npuisage

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 :

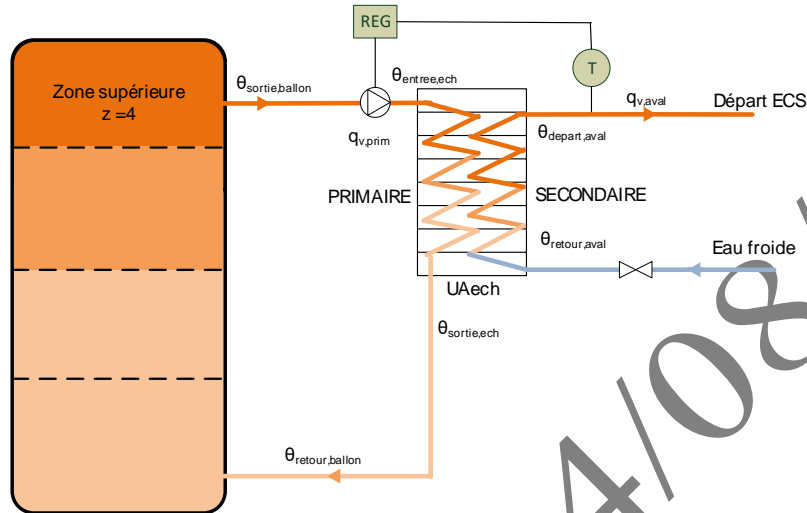


Figure 182: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur externe pour la production ECS avec réseau direct (sans bouclage)

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 $UAech$ 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.

$$N_{zone} = 4 \quad (1765)$$

$$V_{zone} = \frac{V}{N_{zone}} \quad (1766)$$

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 275 : 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 276 : 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 276 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:

$$q_{v,ECS,nom} = \frac{1000 \cdot P_{echECS}}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{cons} - 5^\circ C - 15^\circ C)} \quad (1767)$$

L'efficacité aux débits nominaux de l'échangeur de production ECS s'exprime comme suit:

$$\varepsilon_{eff,nom} = \frac{\theta_{cons} - 5^\circ C - 15^\circ C}{\theta_{cons} - 15^\circ C} \cdot \frac{MIN(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})}{q_{v,ECS,nom}} \quad (1768)$$

Et le rapport des débits est le suivant:

$$R_{d,nom} = \frac{MIN(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})}{MAX(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})} \quad (1769)$$

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 :

$$UA_{ech} = 50 \cdot P_{echECS} \quad (W/K) \quad (1770)$$

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 :

$$NUT(i) = \frac{3600 \cdot UA_{ech}(i)}{\rho_e \cdot c_e \cdot MIN(q_{v,ECS,nom}; q_{v,prim,nom})} \quad (1771)$$

$$\varepsilon_{eff}(i) = \frac{1 - e^{-NUT(i) \cdot (1 - R_{d,nom})}}{1 - R_{d,nom} \cdot e^{-NUT(i) \cdot (1 - R_{d,nom})}} \quad (1772)$$

$$\Delta\varepsilon(i) = \varepsilon_{eff,nom} - \varepsilon_{eff}(i) \quad (1773)$$

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 $V_{ef,eCS} > 0 \text{ m}^3$ (puilage 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 :

$$Q_{wstounit}(i = 1) = Q_{wstounit}(i = 1) - Q_{wrechauboucle}(h) \quad (1774)$$

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 :

$$q_{v,aval}(h) = q_{v,ef,ecs}(h) \quad (1775)$$

$$\theta_{retour,aval}(h) = \theta_{ef}(h) \quad (1776)$$

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 (Type_{CirculateurPrep_ECS}= 0: à vitesse constante):

$$q_{v,prim}(h) = q_{v,prim,nom} \quad (1777)$$

Cas d'un réseau primaire à débit variable (Type_{CirculateurPrep_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 :

$$q_{v,prim}(h) = MAX\left(\frac{q_{v,aval}(h)}{q_{v,ECS,nom}}; Modmin\right) \times q_{v,prim,nom} \quad (1778)$$

Le nombre d'unité thermique NUT(h) de l'échangeur ECS est défini par la relation suivante :

$$NUT(h) = \frac{3600 \cdot UA_{ech}}{\rho_e \cdot c_e \cdot MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))} \quad (1779)$$

Le rapport déséquilibre de l'échange thermique $Rd(h)$ est, quant à lui, calculé comme suit :

$$Rd(h) = \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))}{MAX(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))} \quad (1780)$$

Si $Rd(h) = 1$ (transfert thermique à débits équilibrés), alors,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{NUT(h)}{NUT(h) + 1} \quad (1781)$$

Sinon,

$$\varepsilon_{eff}(h) = \frac{1 - e^{-NUT(h).(1-Rd(h))}}{1 - Rd(h).e^{-NUT(h).(1-Rd(h))}} \quad (1782)$$

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 :

$$\theta_{entree_ech}(h) = \theta_{retour,aval}(h) + \frac{q_{v,aval}(h)}{\varepsilon_{eff}(h) \cdot MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))} \cdot (\theta_{depart,aval} - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1783)$$

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 :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{b[zp]}(i - 1) \quad (1784)$$

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 (Type_{CirculateurPrep_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 :

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))}{q_{v,aval}(h)} \cdot (\theta_{entree,ech}(h) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1785)$$

Cas d'un réseau primaire à débit variable (Type_{CirculateurPrep_ECS}= 1: à vitesse variable):

La température est directement la température de sortie du ballon de stockage, sans vanne intermédiaire, d'où:

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v,prim}(h))}{q_{v,aval}(h)} \cdot (\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1786)$$

Dans les deux cas, la température retour ballon est égale à la température de sortie de l'échangeur :

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie_ech}(i) \quad (1787)$$

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} :

$$V_{puisage}(i) = \frac{Q_{w,sto,unit}(i)}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{sortie_ech}(i))} \quad (1788)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1789)$$

$$\text{Avec } \theta_{sortie,ballon}(h) = \theta_{b[zp]}(i)$$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{w,sto,unit,report}(i) = Q_{w,sto,unit}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie_ech}(h)) \quad (1790)$$

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 reportée soit sur un appoint intégré, soit au pas de temps suivant:

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{amb}(h) \quad (1791)$$

$$V_{puisage}(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1792)$$

$$V_p(i) = 0 \text{ m}^3 \quad (1793)$$

$$Q_{w,sto,unit,report}(i) = Q_{req}(h) \quad (1794)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = \text{vrai} \quad (1795)$$

A la fin de chaque itération i, les températures du ballon et la quantité de chaleur $Q_{w,sto,unit}(i+1)$ 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 :

$$\begin{aligned} & \text{Si } ArretPuisage(i) = \text{vrai} \\ & \text{OU } Q_{w,sto,unit,report_e}(i) = 0 \text{ Wh} \\ & \text{OU } V_p(i) = 0 \text{ m}^3, \text{ alors :} \end{aligned} \quad (1796)$$

Fin de la boucle itérative de puisage

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 :

$$Q_{w,sto,unit,report}(h) = Q_{w,sto,unit,report}(i) \quad (1797)$$

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:

$$W_{circ,prim,puis}(h) = Pw_{circprim} \cdot t_{puis}(h) \quad (1798)$$

Pour un circulateur à vitesse variable (Type_{CirculateurPrep_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 :

$$W_{circ,prim,puis}(h) = \text{MIN} \left[1; \left(\frac{q_{vprim}(h)}{q_{vprimnom}} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot Pw_{circprim} \cdot t_{puis}(h) \quad (1799)$$

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):

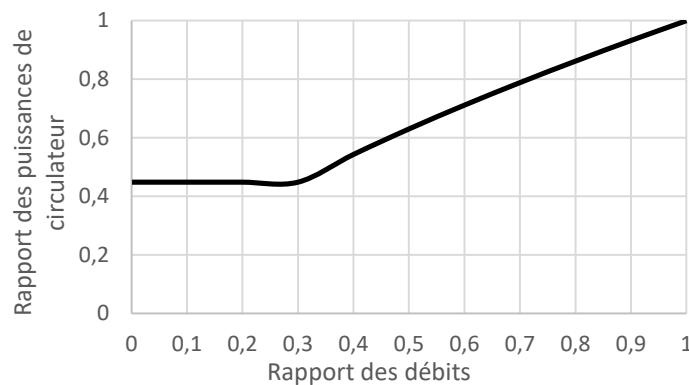


Figure 183: rapport des puissances de circulateur en fonction du rapport des débits d'eau

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 :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{b[zp]}(i - 1) \quad (1800)$$

$$V_{puisage}(i) = \frac{Q_{w,reachaboucle}(h)}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{sortie,ech}(h))} \quad (1801)$$

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 :

$$Q_{w,sto,unit,report}(h) = Q_{w,sto,unit,report}(i_{RB}) + Q_{w,sto,unit,report}(i - 1) \quad (1802)$$

Par ailleurs, on calcule la consommation électrique du circulateur pour la phase de réchauffage de boucle $W_{circ,prim,RB}(h)$:

$$W_{circ,prim,RB}(h) = P_{w,circprim,RB} \cdot (1 - t_{puis}(h)) \quad (1803)$$

La consommation totale de circulateur primaire au pas de temps h est enfin :

$$W_{circ,prim}(h) = W_{circ,prim,puis}(h) + W_{circ,prim,RB}(h) \quad (1804)$$

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)

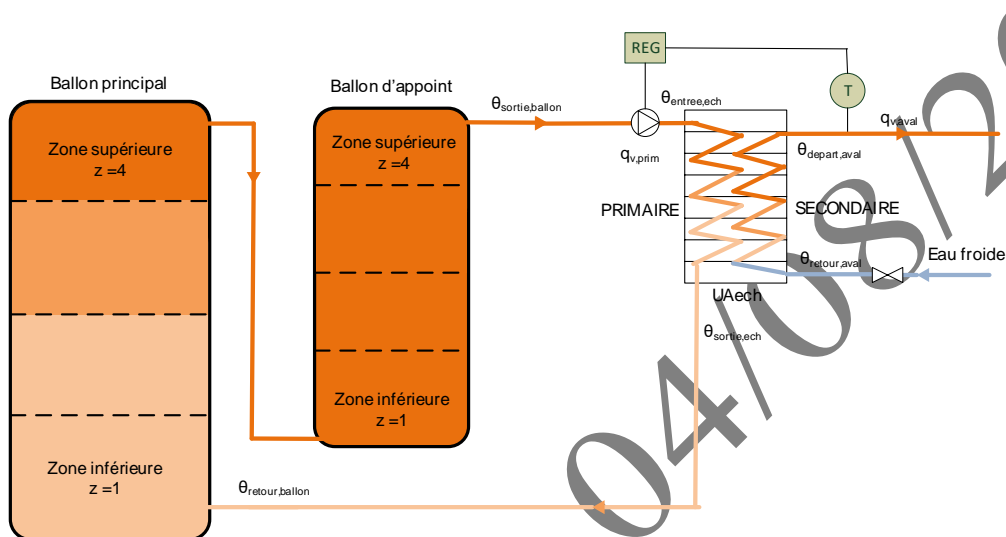


Figure 184: schéma d'illustration de l'assemblage Base et appoint dans stockage séparé avec échangeur externe pour la production ECS (sans bouclage)

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 $\theta_{retour,ballon}$,
- 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 ($Is_{Retour,boucle,separe} = 1: Oui$), 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 (1785) à (1790).

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 :

$$\theta_{entree_ech}(i) = \theta_{sortie,ballon}(h) \quad (1805)$$

$$\theta_{sortie_ech}(i) = \theta_{entree_ech}(i) - \varepsilon_{eff}(h) \cdot \frac{MIN(q_{v,aval}(h); q_{v_prim})}{q_{v_prim}} \cdot (\theta_{entree_ech}(i) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1806)$$

$$\theta_{retour,ballon}(i) = \theta_{sortie_ech}(i) \quad (1807)$$

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} :

$$V_{puisage}(i) = q_{v_prim} \quad (1808)$$

$$V_p(i) = MIN(V_{puisage}(i); V_{zmin}) \quad (1809)$$

La quantité d'énergie restant à fournir à l'issue de l'itération est la suivante :

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - V_p(i) \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{sortie,ballon}(h) - \theta_{sortie_ech}(h)) \quad (1810)$$

L'arrêt du puisage est décrété, il n'y aura pas d'itération supplémentaire au pas de temps en cours :

$$ArretPuisage(i) = vrai \quad (1811)$$

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 185. 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 :

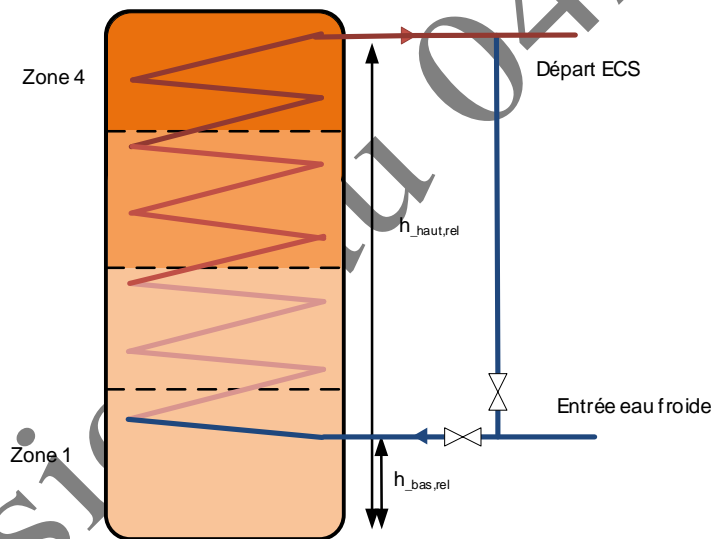


Figure 185: schéma d'illustration d'un ballon avec échangeur interne de production ECS

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.

$$N_{zone} = 4 \quad (1812)$$

$$V_{zone} = \frac{V}{N_{zone}} \quad (1813)$$

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 considèrera 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 (1818)).

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 le 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 276,
- 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:

$$q_{v,ECS,nom} = \frac{1000 \cdot P_{echECS}}{\rho_e \cdot c_e \cdot (\theta_{cons} - 5^\circ C - 15^\circ C)} \quad (1814)$$

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):

$$\varepsilon_{eff,nom} = \frac{50^\circ C - 15^\circ C}{\theta_{cons} - 15^\circ C} \quad (1815)$$

$$NUT_{nom} = -\ln(1 - \varepsilon_{eff,nom}) \quad (1816)$$

$$UA_{ech} = \rho_e \cdot c_e \cdot q_{v,ECS,nom} \cdot NUT_{nom} \quad (1817)$$

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 :

$$UA_{ech[z]} = \frac{V_{zone}}{V} \cdot UA_{ech} \quad (1818)$$

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 :

$$q_{v,aval}(h) = q_{v,ef,ecs}(h) \quad (1819)$$

$$\theta_{retour,aval}(h) = \theta_{ef}(h) \quad (1820)$$

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} :

$$NUT_{ech[z]}(h) = \frac{UA_{ech[z]}}{q_{v,aval}(h) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (1821)$$

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 :

$$Q_{iter} = V_{tot} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot 2^\circ C \quad (1822)$$

Ensuite, au cours de l'itération :

$$Q_w(i) = MIN(Q_{w-sto-unit}(i) ; Q_{iter,ecs}) \quad (1823)$$

Pour la zone d'indice $z = 1$:

$$Q_{max[1]}(i) = V_{[1]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot MAX(0 ; \theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{retour,aval}(h)) \quad (1824)$$

$$\Delta\theta_{deb[1]}(i) = MAX\left(0 ; \frac{\theta_{b[1]}(i-1) - \theta_{retour,aval}(h)}{\frac{1}{NUT_{ech[1]}(h)} + 0,5}\right) \quad (1825)$$

Pour chaque zone d'indice $z > 1$:

$$Q_{max[z]}(i) = V_{[z]} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot MAX(0 ; \theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{entrant}(h)) \quad (1826)$$

$$\Delta\theta_{deb[z]}(i) = MAX\left(0 ; \frac{\theta_{b[z]}(i-1) - \theta_{retour,aval}(h) - \sum_{k=1}^{z-1} \Delta\theta_{deb[k]}(i)}{\frac{1}{NUT_{ecs[z]}(h)} + 0,5}\right) \quad (1827)$$

La température de puisage ECS disponible au début de l'itération i est donc :

$$\theta_{sortie,ballon}(i) = \theta_{entrant}(h) + \sum_{z=1}^{Nzone} \Delta\theta_{deb[z]}(i) \quad (1828)$$

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 :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{sortie,ballon}(i) - \theta_{retour,aval}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1829)$$

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.

$$Q_{prelevee[z]}(i) = 0 \text{ Wh} \quad (1830)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i) = Q_{w-sto-unit}(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1831)$$

9.12.3.3.4.2 Modélisation du réchauffage de boucle ECS par le ballon

Dans le cas d'un réseau ECS bouclé ($q_{vboucleecs}(h) > 0$), 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 (1829) 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 :

$$Q_{prelevee[z]}(i) = MIN \left(Q_{max,ecs[z]}(i) ; \frac{\Delta\theta_{deb[z]}(i)}{\theta_{depart,aval}(h) - \theta_{retour,aval}(h)} \cdot Q_w(i) \right) \quad (1832)$$

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 $Q_{non-assuree}(i)$:

$$Q_{non-assuree}(i) = Q_{non-assuree}(i-1) + Q_w(i) - \sum_{z=1}^{Nzone} Q_{prelevee[z]}(i) \quad (1833)$$

Le bilan de l'itération du point de vue du besoin ECS est le suivant :

$$Q_{w-sto-unit-report}(i) = Q_{w-sto-unit}(i) - Q_w(i) \quad (1834)$$

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 :

$$Q_{w,sto,unit,report}(h) = Q_{w-sto-unit-report}(i) + Q_{non-assuree}(i) \quad (1835)$$

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

9.13.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 277 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	Max	Conv.
	Voir fiche C_STO_échangeur_ballon Voir fiche générateur				
Paramètres d'intégration du système					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	Voir fiche C_STO_échangeur_ballon Voir fiche générateur				
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$\{Q_{assemblage_cef}^{assemblage}(h)\}$	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 277 : 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,

$$Q_{req_sto} = Q_{req_sto_base} \quad (1836)$$

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_{ava}).

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.

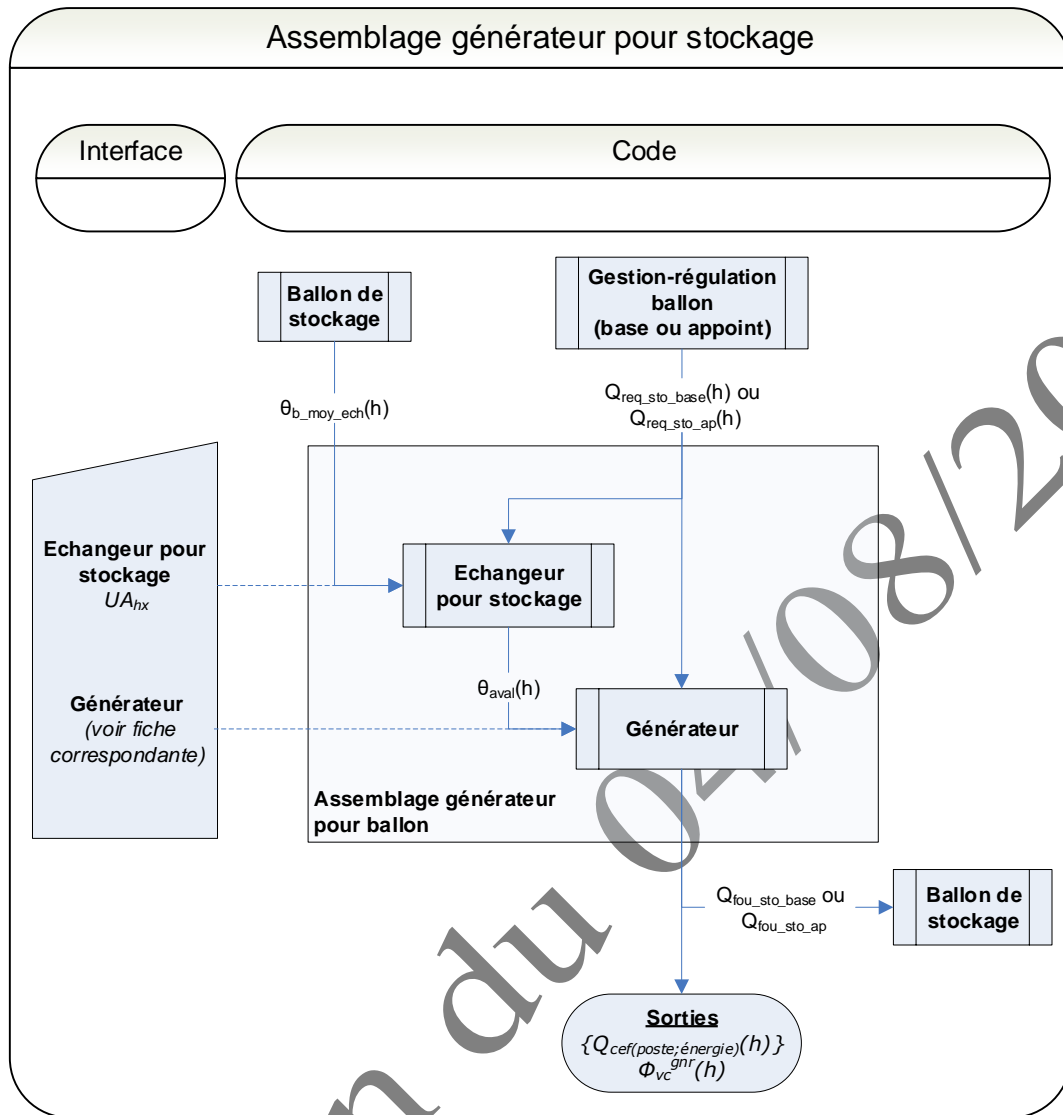


Figure 186 : schéma d'assemblage du modèle de générateur pour stockage

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,

$$Q_{fou_sto} = Q_{fou_sto_base} \quad (1837)$$

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 278 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)	-

Gestion-régulation de la génération

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	+∞	
$V_{tot}^{secondaire}$	Volume total du ballon secondaire	m ³	0	+∞	
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	+∞	
(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	+∞	-
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 278 : 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 279 : 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 :

$$z_{base} = 1 \quad (1838)$$

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) :

$$\theta_{c_base} = \theta_{c_ap} = 55 \text{ °C} \quad (1839)$$

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 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 ($Type_{prod_stockage} = 2$) :

$$V_{z,min} = MIN(V_{z,min}^{principal}; V_{z,min}^{secondaire}) \quad (1840)$$

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* ($Type_prod_stockage = 1$) :

$$Nb_{iter_vp} = \text{arrondi}..inf \left(\frac{2}{\min(f_{aux}, 1 - f_{aux})} \right) \quad (1841)$$

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 :

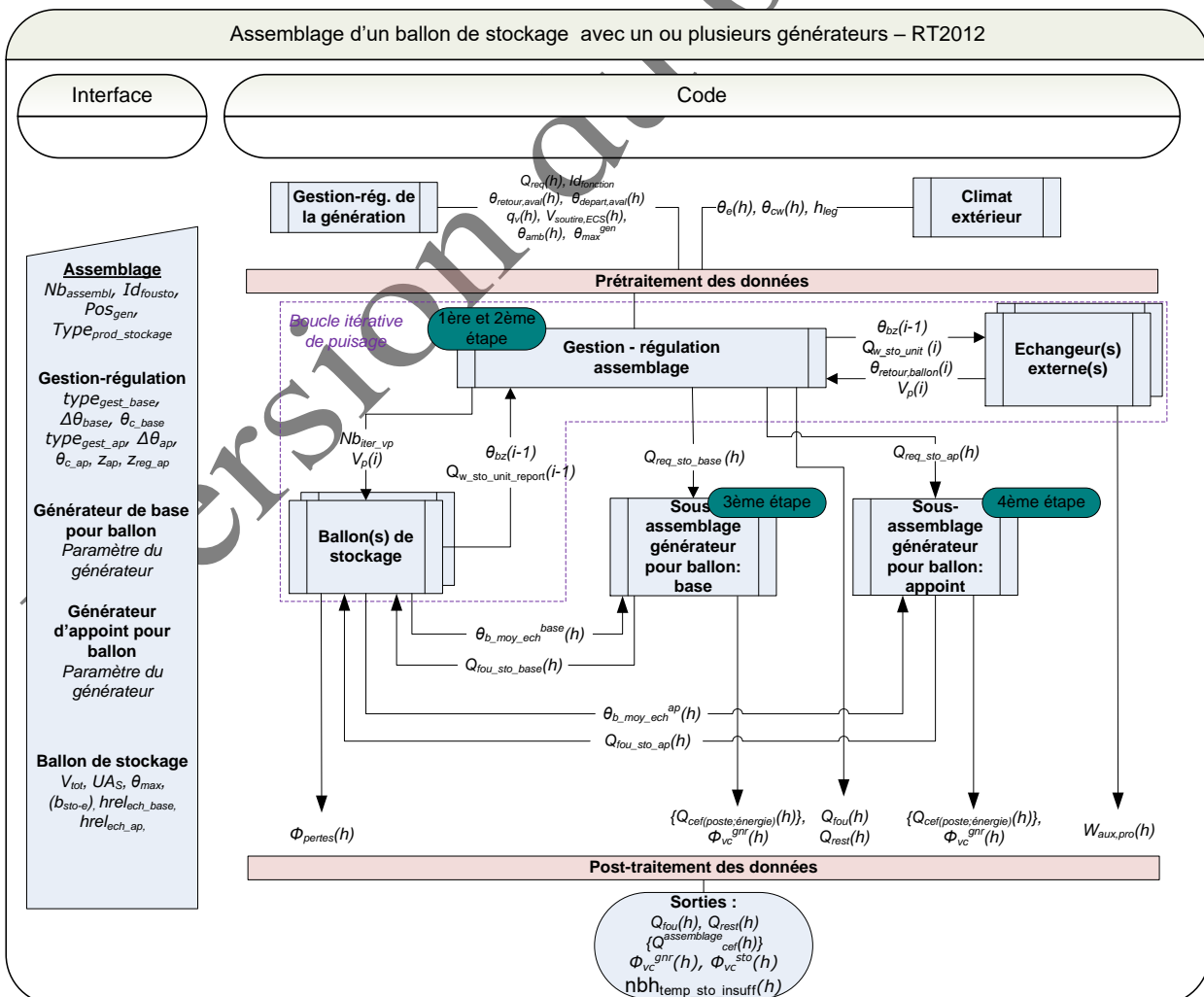


Figure 187 : Schéma générique d'un assemblage de ballons et de générateurs

Version du 04/08/20

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 algorithmique.

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 :

$$\theta_{entrant,ECS}(h) = \frac{V_{soutire,ECS}(h) \cdot \theta_{cw}(h) + qv_{boucleECS}(h) \cdot \theta_{retour,aval,ECS}(h)}{V_{soutire,ECS}(h) + qv_{boucleECS}(h)} \quad (1842)$$

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 :

$$Q_{w-sto-unit}(h) = \frac{Q_{req,ECS}(h)}{Nb_{assemblage}} \quad (1843)$$

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 $Q_{restECS}(h)$:

$$Q_{restECS}(h) = Q_{w-sto-unit-report}(i-1) \quad (1844)$$

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 :

$$Q_{fouECS}(h) = Q_{reqECS}(h) - Q_{restECS}(h) \quad (1845)$$

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 :

$$\theta_{entrant,CH}(h) = \theta_{retour,aval,CH}(h) \quad (1846)$$

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 :

$$Q_{w-sto-unit}(h) = \frac{Q_{req,CH}(h)}{Nb_{assemblage}} \quad (1847)$$

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 $Q_{restCH}(h)$:

$$Q_{restCH}(h) = Q_{w-sto-unit-report}(i-1) \quad (1848)$$

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 :

$$Q_{fouCH}(h) = Q_{reqCH}(h) - Q_{restCH}(h) \quad (1849)$$

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 fonctionnement, 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.

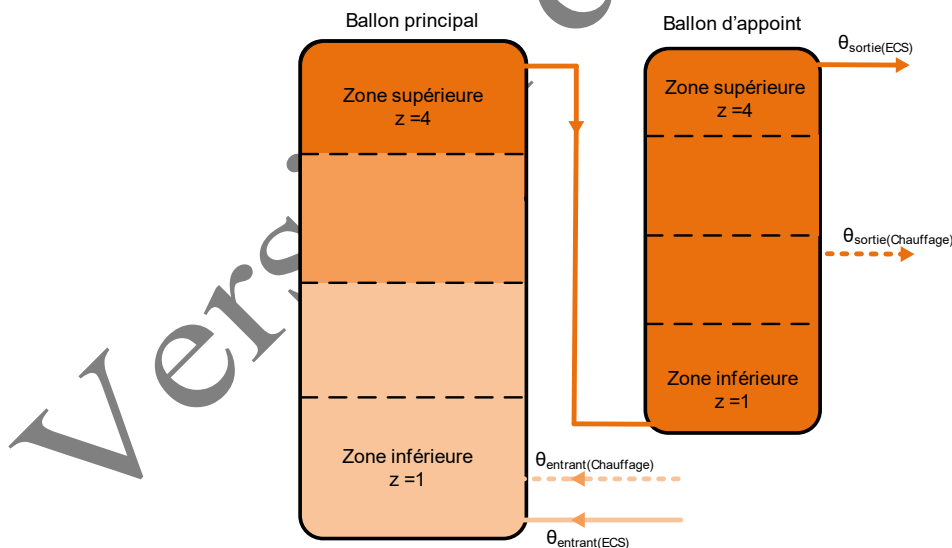


Figure 188 : Représentation d'une association d'un ballon principal et d'un second ballon séparé

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 $\theta_{b4}(h) < \theta_c$

$$nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}(h) = nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}(h - 1) + 1$$

(1850)

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

9.14.3.2.5 *Calcul des consommations*

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 :

$$\{Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h)\} = nb_{assembl} \times \begin{pmatrix} Q_{cons}^{gnr_base}(h) \times \frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req_ecs}(h) + Q_{req_ch}(h)} \\ + Q_{cons}^{gnr_ap}(h) \times \frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req_ecs}(h) + Q_{req_ch}(h)} \\ + (W_{aux_pro}^{gnr_base}(h) + W_{aux_pro}^{gnr_ap}(h)) \times \frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ecs}(h) + Q_{req_ch}(h)} \end{pmatrix} \quad (1851)$$

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 $Id_{fousto}=3$.

9.14.3.2.6 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si les éléments de stockage sont en volume chauffé, s'écrivent :

$$\Phi_{vc}^{sto}(h) = nb_{assembl} \cdot Id_{pos_gen} \cdot (\Phi_{pertes}^{ballon_principal}(h) + \Phi_{pertes}^{ballon_secondaire}(h)) \quad (1852)$$

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 »,

$$\Phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow (nb_{assembl} \times \Phi_{vc}^{gnr_base}(h)) + (nb_{assembl} \times \Phi_{vc}^{gnr_ap}(h)) \quad (1853)$$

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 inclut 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.

Version du 04/08/20

9.15.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 280 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
$\{Q_{ce\{po;i\}}^{BS}(h)\}_{dengen}$	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 280 : Nomenclature des différentes variables du modèle de boucle solaire

9.15.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

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 281 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 281 : 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 :

$$U_c = a_1 + a_2(\theta_m - \theta_e(h)) + \frac{UA_{te}}{A} \quad (1854)$$

où la température moyenne de la boucle θ_m se déduit de l'équation de l'équilibre de la boucle

$$\eta_0 \cdot A \cdot Isr \cdot K_\theta - A \cdot U_c(\theta_m - \theta_e(h)) - UA_{ti}(\theta_m - \theta_{amb}(h)) + \alpha_P P_{nP} = Q_{sol}^{Int} \quad (1855)$$

et Q_{sol}^{Int} est relié à θ_m par

$$Q_{sol}^{Int} = UA_{hx}(\theta_m - \theta_{b_moy_ech}) \quad (1856)$$

Ces trois équations sont combinées en une seule équation du second degré en θ_m :

$$a_2 \theta_m^2 + \left[a_1 + \frac{UA_{te} + UA_{ti} + UA_{hx}}{A} - 2a_2 \theta_e \right] \theta_m + a_2 \theta_e^2 - a_1 \theta_e - \eta_0 Isr \cdot K_\theta - \frac{\alpha_P P_{nP} + (UA_{te} \theta_e + UA_{ti} \theta_{amb} + UA_{hx} \theta_{b_moy_ech})}{A} = 0 \quad (1857)$$

Une fois θ_m calculé par cette équation, on déduit Q_{sol}^{Int} par l'équation (1856).

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

$$\eta_0 \cdot A \cdot Isr \cdot K_\theta - A[a_1 + a_2(\theta_{b_moy_ech} - \theta_e)] \cdot (\theta_{b_moy_ech} - \theta_e) - UA_{te}(\theta_{b_moy_ech} - \theta_e) - UA_{ti}(\theta_{b_moy_ech} - \theta_{amb}) + \alpha_P P_{nP} = Q_{sol}^{Int} \quad (1858)$$

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 $Usage_zone=2$,

$$\Delta\theta_{reg} = 1 \quad (1859)$$

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) :

$$\Delta\theta_{ce} = \frac{2Q_{sol}^{Int} + UA_{te}(\theta_{comp} - \theta_e) + UA_{ti}(\theta_{comp} - \theta_{amb}) - \alpha_P P_{nP}}{2\dot{m}C_p} \quad (1860)$$

où $\theta_{comp} = \theta_m$ s'il y a un échangeur, $\theta_{comp} = \theta_{b_moy_ech}$ sinon. Si

$$\Delta\theta_{ce} < \Delta\theta_{reg}, \quad (1861)$$

$Q_{sol} = 0$, 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 (1863) remplace alors la condition (1862):

$$I_{sr} * < I_{sr_{min}} \quad (1862)$$

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 ($id_{fousto}=3$),

$$\{Q_{cef(3;Idengen)}^{BS}(h)\} = P_p(h) * \{E_{(3;50)}\} \quad (1863)$$

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 :

$$\Phi_{vc}^{BS}(h) = \max(UA_{ti} \cdot (\theta_{comp} - \theta_{amb}(h)), 0) \quad (1864)$$

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.

9.16 S1_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.

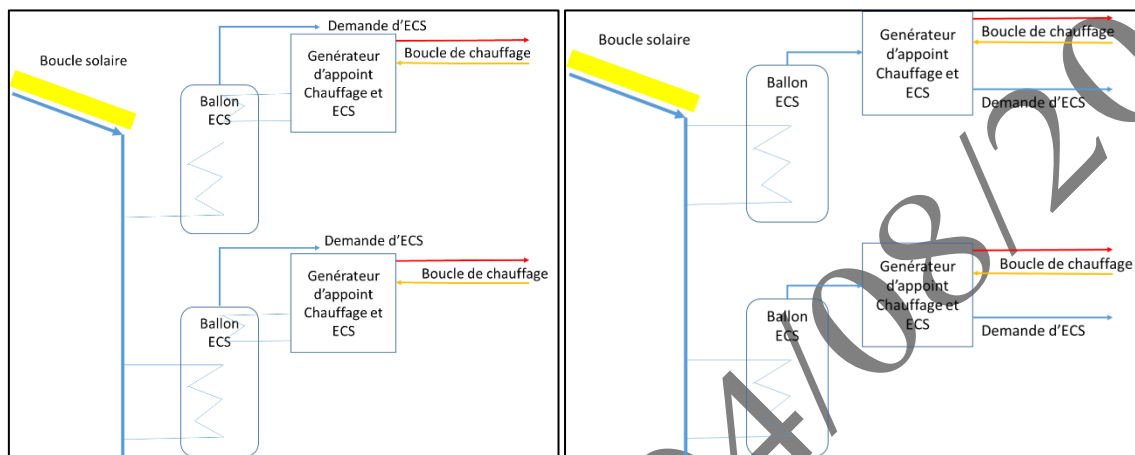


Figure 189 : A gauche, le générateur d'appoint réchauffe les zones supérieures du ballon ECS via un échangeur. C'est la configuration monovalente. A droite le générateur d'appoint, double service est séparé instantané, c'est la configuration bivalente.

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 282 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de CESC.

Entrées du système						
	Nom	Description	Unité			
Distr. second.	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			
	$Q_{sys_ch}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe <i>ds</i> en chauffage.	Wh			
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe <i>ds</i> , pour le chauffage ou le refroidissement.	°C			
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe <i>ds</i> , pour le chauffage ou le refroidissement.	°C			
	$Rat_{eff_ch}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur <i>em</i> en chauffage, pour le groupe <i>gr</i> 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- CESCAl (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,				
		- 3 : ECS,	Ent.	1	5	-
		- 4 : Chauffage et ECS,				
	id_{fougen}^{gnr}	- 5 : Chauffage et refroidissement.				
		Fonction du générateur <i>gnr</i> compris dans la génération :				
		1 : Chauffage	Ent	1	5	-
		2 : Refroidissement				
		3 : ECS				
		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 CESCO : 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	$-\infty$	$+\infty$	-
	$id_{gestion_ch}$	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	-
	θ_{wm_ch}	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	-
Fonctionnement en chauffage	θ_{wm_ECS}	Température de fonctionnement de la génération en ECS (pour les appoints séparés instantanés)				

Sorties						
	Nom	Description	Unité			
Pertes des stockage câbles	$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes des ballons décentralisés de l'ECS.	Wh			
	$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h)$	Pertes des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh			
Pertes des générateurs	$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h)$	Pertes des auxiliaires du CESCO (câd de la génération) transmises au volume chauffé.	Wh			
	$\Phi_{tot_vc}^{gen,gr}(h)$	Pertes des consommations des auxiliaires du CESCO, par groupe, transmises au volume chauffé.	Wh			
Ratio de surface	$Rat_{surf}^{gen,gr}$ $= Rat_{surf}^{CESCI,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour le poste ECS	-			
	$Rat_{surf_ch}^{CESCI,gr}$ $= Rat_{surf_dess_ch}^{CESCI,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr 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			

$E_{ef_aux_tot}^{HS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
$\{Q_{CESCI}^{(h)}(poste;énergie)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
$\{Q_{CESCI,gr}^{(h)}(poste;énergie)\}$	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 primaire par CESCOI et par groupe	Wh

$C_{ep_fod}^{CESCI,gr}$,
 $C_{ep_cha}^{CESCI,gr}$,
 $C_{ep_boi}^{CESCI,gr}$,
 $C_{ep_ele}^{CESCI,gr}$,
 $C_{ep_rdc}^{CESCI,gr}$

d'énergie par CESCOI et par groupe

Variables internes

Nom	Description	Unité
P_{e_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
$\theta_{aval_ch}(h)$	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
$\theta_{amont}^{SA}(h)$	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

Températures
fonctionnement

Sour.
amonts

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 282 : Nomenclature des différentes variables du modèle de CESC

Version du 04/08/20

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.

$$Type_{PCAD} = 0 \text{ ou } 2 \quad (1865)$$

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.

$$\begin{aligned} Id_{fousto} &= 3 \\ Id_{fougen} &= 3 \text{ ou } 4 \end{aligned} \quad (1866)$$

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.

$$\theta_{ecs_max}^{gen} = \theta_{2nd-e}^{ds-e} \quad (1867)$$

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.

$$\theta_{max_ch}^{gen} = \underset{ds \in CESCO}{MAX} \left(\theta_{dep_dim_ch}^{ds} - \frac{\Delta \theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2}; \theta_{ret_dim_ch}^{ds} + \frac{\Delta \theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2} \right) \quad (1868)$$

9.16.3.1.4 *Emplacement des ballons et des générateurs (en volume chauffé ou hors volume chauffé)*

Les positions des ballons individuels du CESCO 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)

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (1869)$$

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 $Type_{PCAD} = 0$,

$$Type_{prod_stockage} = 1 \quad (1870)$$

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.

Pour tous les ensembles {B}

$$Z_{base} = Z_{reg_base} = 1 \quad (1871)$$

9.16.3.1.6.3 Régulation de la boucle solaire

La régulation de la boucle solaire est pilotée par l'irradiance

$$Type_{regul_BS}=1 \quad (1872)$$

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.

$$\theta_{c_base}^{dec} = \theta_{c_appoint}^{dec} = 55^{\circ}\text{C} \quad (1873)$$

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 CESCO (c'est-à-dire la boucle solaire) dans chacun des groupes, au prorata de leurs surfaces.

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = Rat_{surf}^{CESCI,gr} = \frac{\sum_{em-e \in CESCO} Agr,em-e}{\sum_{em-e \in CESCO} Agr,em-e} \quad (1874)$$

L'ensemble des distributions du groupe reliées au CESCO peut appartenir à un ou plusieurs groupes. Le calcul suivant permettra de répartir les consommations en énergie finale du CESCO dans chacun des groupes concernés, au prorata de leurs besoins d'ECS.

Si

$$\sum_{ds-e \in CESCO} Q_{w_{2nd}-e}^{ds-e}(h) \neq 0, \quad (1875)$$

$$Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in CESCO} Q_{w_{2nd}-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in CESCO} Q_{w_{2nd}-e}^{ds-e}(h)}$$

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 .

$$Q_{w_sto_unit-e} = \frac{\sum_{ds-e \in B} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (1876)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (1877)$$

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 CESCOI. Pour répartir les consommations du CESCOI dans chacun des groupes desservis, les ratios suivants sont utilisés.

L'énergie totale en entrée du réseau du CESCOI est la somme des besoins augmentés des pertes pour chaque réseau de distribution du groupe :

$$Q_{sys_ds_req_ch}(h) = \sum_{ds \rightarrow CESCOI} Q_{sys_ch}^{ds}(h) \quad (1878)$$

La surface desservie par les générateurs du CESCOI est la somme des surfaces desservies par chacun des émetteurs en chauffage:

$$Rat_{surf_ch}^{CESCI,gr}(h) = Rat_{surf_dess_ch}^{CESCI,gr}(h) = \frac{\left(\sum_{em \in gr} Rat_{eff_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr}}{\sum_{gr \leftarrow CESCOI} \left[\left(\sum_{em \in gr} Rat_{eff_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr} \right]} \quad (1879)$$

Les ratios de consommations expriment la part de chacun des groupes dans le total d'énergie requis dans le CESCOI.

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,

$$Rat_{bes_{ch}}^{CESCI,gr}(h) = \frac{\sum_{(ds \in gr)} Q_{sys_{ch}}^{ds}(h)}{Q_{sys_{ds_{req_{ch}}}}(h)} \quad (1880)$$

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 .

$$Q_{req_{tot_{sr_{ch}}}}(h) = \frac{\sum_{ds \in CESCI} Q_{sys_{ch}}^{ds}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (1881)$$

9.16.3.1.7.3 Gestion des générateurs d'appoint

Par convention, le type de fonctionnement des générateurs d'appoint est en cascade.

$$id_{type_{priorite}} = 2 : \text{Générateurs en cascade} \quad (1882)$$

9.16.3.1.7.4 Indicateur de relance en chauffage

Le CESCI fonctionne en mode relance lorsque le groupe connecté est en période de relance :

$$id_{relance_{ch}}(h) = \underset{\substack{ds \rightarrow CESCI \\ id_{fonction}^{ds} = 1}}{MAX} (id_{relance}^{CESCI}(h)) \quad (1883)$$

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.

$$id_{raccord}^{gnr}(h) = 1 \quad (1884)$$

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 :

$$\theta_{amont}^{SA}(h) = CalculTempAmont(\Phi_{rejet}^{gnr}(h - 1)) \quad (1885)$$

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)

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{dist_ch_max}^{gen}$$

(1886)

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,

$$\theta_{aval_ch}(h) = \underset{\substack{ds \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{ds}=1}}{MAX} (\theta_{moy}^{ds}(h))$$

Où $\theta_{moy}^{ds}(h)$ est égal à

$$\theta_{moy}^{ds}(h) = \frac{\theta_{dep}^{ds}(h) + \theta_{ret}^{ds}(h)}{2}$$

(1887)

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

$$\theta_{aval_ch}(h) = \sum_{\substack{ds \rightarrow CESCO \\ id_{fonction}^{ds}=1}} Rat_{bes_gen_ch}^{ds}(h) \cdot \theta_{i,aval,eq}^{ds}(h)$$

(1888)

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.

$$Q_{req_tot_ar_ch}(h) = Q_{req_tot_sr_ch}(h) + Q_{rep_ch}(h - 1) \quad (1889)$$

Version du 04/08/20

9.16.3.2 *Ordre des calculs*

Les étapes de calculs de l'assemblage seront reproduites pour chaque ensemble de ballons du CESC. 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 CESC, 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

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit}(h) \quad (1890)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante.

Si $\theta_{b4}(h-1) > \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b4}(h-1) - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1891)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(h-1) - \theta_{cw}(i))$$

Si $\theta_{cw}(h) \leq \theta_{b4}(h-1) \leq \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1892)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(h-1) - \theta_{cw}(i))$$

Sortie de la boucle de puisage

Si $\theta_{b4}(h-1) < \theta_{cw}(h)$

$$V_p(i) = 0 \quad (1893)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i)$$

La boucle itérative continue tant que $(1 < i \leq Nb_{iter_vp}$ et $Q_{w_sto_unit_report}(i) \neq 0$)

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit_report}(i-1) \quad (1894)$$

De même que précédemment,

Si $\theta_{b4}(i-1) > \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{b4}(i-1) - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1895)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(i-1) - \theta_{cw}(i))$$

Si $\theta_{cw}(h) \leq \theta_{b4}(i-1) \leq \theta_{max}^{gen}$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw}(i))}, \{V_z\}_{z \in \{1,4\}}\right) \quad (1896)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{b4}(i-1) - \theta_{cw}(i))$$

Sortie de la boucle de puisage

Si $\theta_{b4}(i-1) < \theta_{cw}(h)$

$$V_p(i) = 0 \quad (1897)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i)$$

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.

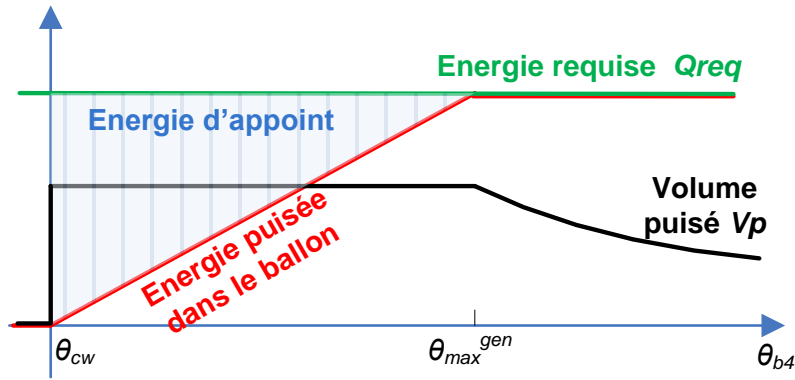


Figure 190 - logique de puisage dans le ballon dans le cas d'un générateur type CESCO

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.

$$\theta_{b_moy_ech}^{CESCI}(h) = \frac{\sum_{B \in CESCO} (\sum_{sto \in B} V_{zbase}^{sto} * \theta_{b_moy_ech}^{sto,base}(h))}{\sum_{B \in CESCO} \sum_{sto \in B} V_{zbase}^{sto}} \quad (1898)$$

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}

$$Q_{sol_ens}^B = Q_{sol} * \frac{V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCO} (V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B)} \quad (1899)$$

Pour un ballon individuel appartenant à l'ensemble {B}

$$Q_{sol_unit} = \frac{Q_{sol_ens}^B}{nb_{sto}^B} \quad (1900)$$

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.

$$Q_{rest_ecs}(h) = nb_{assembl} \times Q_{w_sto_unit_report}(h) \quad (1901)$$

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 :

$$Q_{w_sto_unit_report}(h) = 0 \quad (1902)$$

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 :

$$\begin{cases} Q_{req} = Q_{req_tot_ar_ch}(h) \\ Q_{rest} = Q_{req_tot_ar_ch}(h) \end{cases} \quad (1903)$$

- **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 :

$$id_{fonction} = 1 \quad (1904)$$

- **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 $gnr \in G_{ch}$ (1905)

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)

$$Q_{rep_ch}(h) = Q_{rest} \quad (1906)$$

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 : (1907)

$$[W_{aux,am}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} = CalculAuxAmont^{SA}([\tau_{charge}^{gnr}(\square)]_{gnr=1 \text{ à } N})$$

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.

$$W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (1908)$$

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) (1909)

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 CESCO

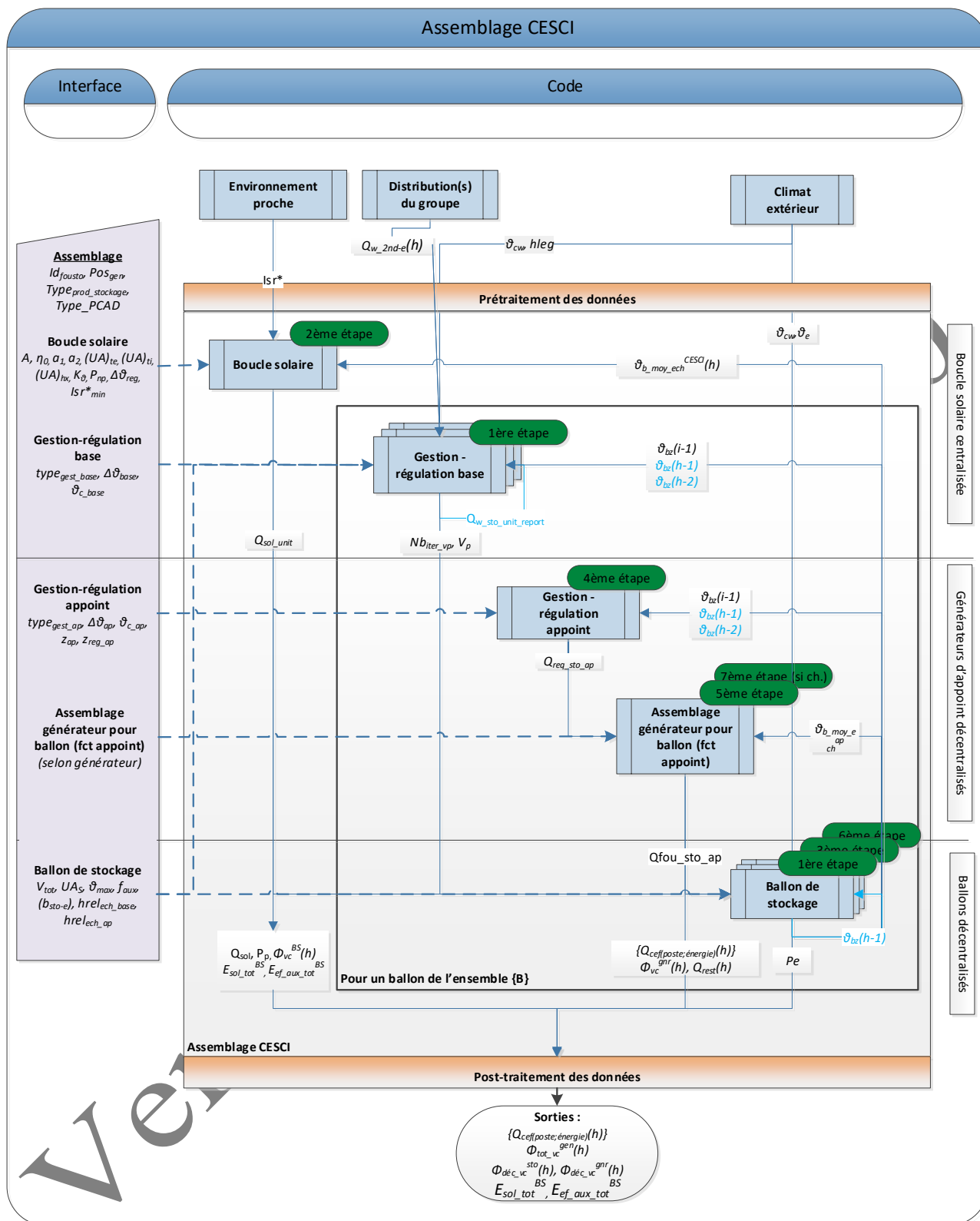


Figure 191 : Schéma d'assemblage du modèle de CESCO

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 :

$$\begin{aligned} \text{Si } Q_{rep_ch}(h) > 0 \\ Nb_{soudim_ch}(h) &= Nb_{soudim_ch}(h-1) + 1 \\ \text{Sinon,} \\ Nb_{soudim_ch}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (1910)$$

A partir de 6 heures de sous-dimensionnement successives, on considère qu'il y a sous-dimensionnement:

$$\begin{aligned} \text{Si } Nb_{soudim_ch}(h) > 6, \text{ alors,} \\ id_{soudim_court_ch} &= 1 ; \end{aligned} \quad (1911)$$

A partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

$$\begin{aligned} \text{Si } Nb_{soudim_ch}(h) > 72, \text{ alors,} \\ id_{soudim_long_ch} &= 1 ; \end{aligned} \quad (1912)$$

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 :

$$\{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(3;energie)}^{appoint}(\square)\}) + \{Q_{cef(3;energie)}^{BS}(\square)\} \quad (1913)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(1;energie)}^{appoint}(\square)\}) \quad (1914)$$

9.16.3.4.2 Par groupe

$$\{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI}(h)\} * Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) \quad (1915)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI}(h)\} * Rat_{bes_ch}^{CESCI,gr}(h) \quad (1916)$$

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

$$C_{ef_ch_m}^{CESCI} = \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCI}(\square) \quad (1917)$$

$$C_{ep_ch_m}^{CESCI} = \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCI}(\square) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ch}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{CESCI} \quad (1918)$$

$$C_{ep_ch}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{CESCI}$$

Pour l'ECS

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCI} = \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCI}(\square) \quad (1919)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCI} = \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCI}(\square) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ecs}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCI} \quad (1920)$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCI}$$

9.16.3.4.3.2 Par groupe

Pour le chauffage

$$C_{ef_c\square_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCI,gr}(\square) \quad (1921)$$

$$C_{ep_c\Box_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCI,gr}(\Box) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ch}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{CESCI,gr}$$

$$C_{ep_ch}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{CESCI,gr}$$
(1922)

Pour l'ECS

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{em=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCI,gr}(\Box)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{em=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCI,gr}(\Box) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(1923)

$$C_{ef_ecs}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCI,gr}$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCI,gr}$$
(1924)

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 :

$$C_{ef_gaz}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{CESCI}(\Box))$$
(1925)

$$C_{ef_fod}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{CESCI}(\Box))$$
(1926)

$$C_{ef_c\Box_a}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{CESCI}(\Box))$$
(1927)

$$C_{ef_bot}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{CESCI}(\Box))$$
(1928)

$$C_{ef_ele}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{CESCI}(\Box))$$
(1929)

$$C_{ef_rdc}^{CESCI} = \sum_{\Box=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{CESCI}(\Box))$$
(1930)

$$C_{ep_gaz}^{CESCI} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCI} \quad (1931)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCI} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCI} \quad (1932)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCI} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCI} \quad (1933)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCI} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCI} \quad (1934)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCI} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCI} \quad (1935)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCI} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCI} \quad (1936)$$

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 :

$$C_{ef_gaz}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;10)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (1937)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;20)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (1938)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;30)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (1939)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;40)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (1940)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;50)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (1941)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{\square=0}^{8760} (Q_{cef(poste;60)}^{CESCI,gr} (\square)) \quad (1942)$$

$$C_{ep_gaz}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCI,gr} \quad (1943)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCI,gr} \quad (1944)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCI,gr} \quad (1945)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCI,gr} \quad (1946)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCI,gr} \quad (1947)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCI,gr} \quad (1948)$$

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.

$$Q_{rest}^{gnr}(h) = 0 \quad (1949)$$

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).

$$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h) = \Phi_{vc}^{BS}(h) \quad (1950)$$

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.

$$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h) = \sum_{sto \in gr} (nb_{sto} * Pe(h)) * IS_{sto_vc} \quad (1951)$$

$$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h) = \sum_{gnr \in gr} (nb_{sto} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (1952)$$

$$\Phi_{tot_vc}^{gen,gr}(h) = \Phi_{tot_vc}^{gen}(h) * Rat_{surf}^{gen,gr} \quad (1953)$$

9.17 S2 GEN CESCAI

9.17.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithmique 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.

Version du 04/08/20

9.17.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 283 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) 1- CESCOAI (Chauffe-Eau Solaire Collectif à Appoint Individuel)	-	0	1		
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, - 4 : Chauffage et ECS, - 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent.	1	5	3	
pos_{gen}	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				

	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
isoc	$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes des ballons décentralisés de l'ECS.	Wh
décentral	$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh
Génération	$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h)$	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
	$\{Q_{ceff(poste;energie)}^{CESCAI}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
	$\{Q_{ceff(poste;energie)}^{CESCAI,gr}(h)\}$	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

gr ,
 $C_{ef_boi}^{CESCAI,g}$,
 gr ,
 $C_{ef_ele}^{CESCAI,g}$,
 gr ,
 $C_{ef_rdc}^{CESCAI,g}$,
 gr }
 $\{C_{ep_gaz}^{CESCAI,gr}$,
 gr ,
 $C_{ep_fod}^{CESCAI,gr}$,
 gr ,
 $C_{ep_cha}^{CESCAI,gr}$,
 gr ,
 $C_{ep_boi}^{CESCAI,gr}$,
 gr ,
 $C_{ep_ele}^{CESCAI,gr}$,
 gr ,
 $C_{ep_rdc}^{CESCAI,gr}$ }

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 $Q_{reg}(h)$ (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
Propres à l'assemblage	$Rat_{besoins_sece}(h)$	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	-
	$Q_{contenue}^{centr}(h)$	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	
<i>dec</i>	Indicateur précisant que l'objet est décentralisé (ou individuel)	-	
<i>centr</i>	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 283 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

9.17.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DU CESCAI

Cet assemblage est particulier dans le sens où l'ordre « classique » des calculs (des émetteurs aux générateurs) est modifié.

Dans le cas du CESCAI, 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 CESCAI.

$$Type_{PCAD} = 1 \quad (1954)$$

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

$$\begin{aligned} Id_{fousto}^{centr} &= 3 \\ Id_{fousto}^{dec} &= 3 \\ Id_{fougen} &= 3 \end{aligned} \quad (1955)$$

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 ».

$$Nb_{sto}^{centr} = 1 \quad et \quad \begin{cases} Type_{prod_stockage}^{centr} = 0 \\ Type_{prod_stockage}^{dec} = 1 \end{cases} \quad (1956)$$

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.

$$z_{base}^{centr} = z_{reg_base}^{centr} = 1 \quad (1957)$$

9.17.3.1.5 *Température de consigne des ballons*

Les températures de consigne des ballons sont conventionnellement figées à 55°C.

$$\begin{aligned}\theta_{c_base}^{centr} &= 55^{\circ}\text{C} \\ \theta_{c_base}^{dec} &= \theta_{c_appoint}^{dec} = 55^{\circ}\text{C}\end{aligned}\quad (1958)$$

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.

$$Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in CESCOI} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)} \quad (1959)$$

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.

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = Rat_{surf}^{CESCOI,gr} = \frac{\sum_{em-e \in gr} A^{gr,em-e}}{\sum_{em-e \in CESCOI} A^{gr,em-e}} \quad (1960)$$

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 .

$$Q_{w_sto_unit-e} = \frac{\sum_{ds-e \in B} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (1961)$$

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).

$$\theta_{ecs_max}^{gen} = \theta_{2nd-e}^{ds-e} \quad (1962)$$

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 :

$$\theta_{entrant}^{centr}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (1963)$$

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.

$$\theta_{entrant}^{dec}(h) = \theta_{moy_prim-e}(h) \quad (1964)$$

9.17.3.1.12 *Emplacement des éléments du CESCAI (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)

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (1965)$$

Si $Pos_{gen}=1$ (en volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = 20^{\circ}\text{C}$$

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.

$$Q_{contenue}^{centr} = \rho_w \cdot C_w \cdot \sum_{z=1}^{N_{zone}} \left(V_z \cdot (\theta_{bz}^{centr}(h-1) - \theta_{cw}) \right) \quad (1966)$$

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.

$$Q_{dispo}(h) = \max \left(0; Q_{contenue}^{centr}(h) - \sum_{dp-e \in CESCAI} (\phi_{pertes_vc_prim-e}^{dp-e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim-e}^{dp-e}(h)) \right) \quad (1967)$$

Il s'agit désormais de répartir cette énergie dans chaque ensemble de ballons. Le principe est le suivant :

Pour chaque ensemble $\{B\}$

$$Q_{dispo_ens}^B(h) = Q_{dispo}(h) \cdot \frac{V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCAI} (V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B)} \quad (1968)$$

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 complèteront 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 :

$$Q_{fou_ens}^B(h) = \min \left[Q_{dispo_ens}^B(h); nb_{sto}^B \cdot \rho_w \cdot C_w \cdot \max \left(0; \sum_{z=1}^{N_{zone}} \left(V_z \cdot (\theta_{moy_prim-e}(h) - \theta_{bz}^{dec}(Nb_{iter_vp})) \right) \right) \right] \quad (1969)$$

Pour un ballon individuel appartenant à l'ensemble $\{B\}$,

$$Q_{fou_unit}(h) = \frac{Q_{fou_ens}^B(h)}{nb_{sto}^B} \quad (1970)$$

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

$$Q_{i,4} = \min \left(0; - \left(\sum_{B \in CESCAI} Q_{fou_ens}^B(h) + \sum_{dp-e \in CESCAI} (\varphi_{pertes_vc_prim-e}^{dp-e}(h) + \varphi_{pertes_hvc_prim-e}^{dp-e}(h)) \right) \right) \quad (1971)$$

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 ($\theta_{aval}^{BS}(h) = \theta_{b1}^{centr}(h)$).

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

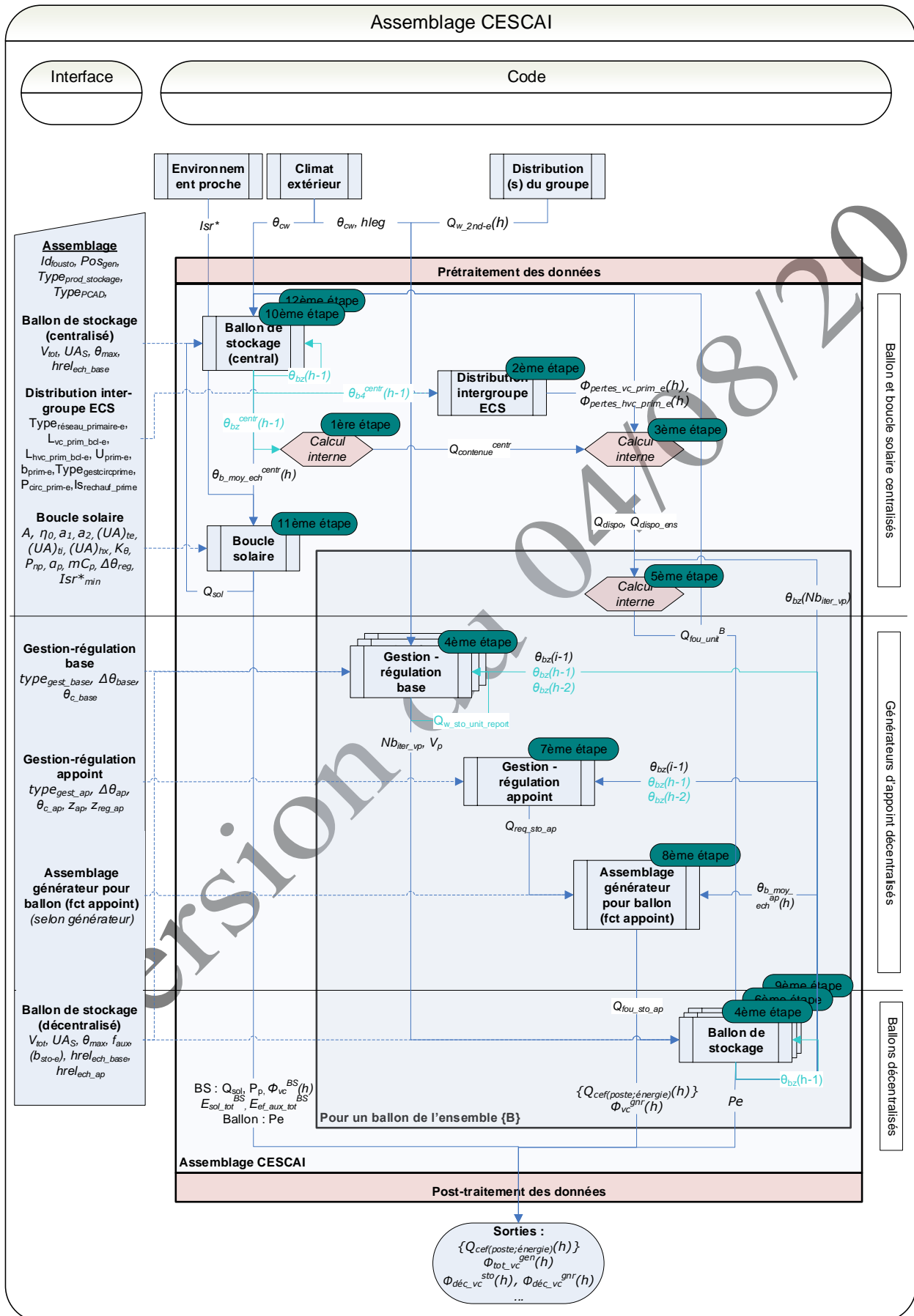
Après injection de l'énergie solaire dans le ballon central, il faut recalculer le champ de températures du ballon.

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 $z = z_{base}^{centr} = 1$ 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.

9.17.3.3 L'assemblage de la production Solaire Collective à Appoints individualisés (CESCAI)



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 :

$$\{Q_{cef(po;energie)}^{CESCOI}(h)\} = \sum_{\{B\}} (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(3;energie)}^{gnr_ap}(h)\}) + \{Q_{cef(3;energie)}^{BS}(h)\} \quad (1972)$$

9.17.3.4.1.2 *Par groupe*

$$\{Q_{cef(po;energie)}^{CESCOI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(po;energie)}^{CESCOI}(h)\} * Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) \quad (1973)$$

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*

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCOI} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCOI}(h) \quad (1974)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCOI} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCOI}(h) \cdot Coef_{ep}(en))$$

$$C_{ef_ecs}^{CESCOI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCOI} \quad (1975)$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCOI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCOI}$$

9.17.3.4.2.2 *Par groupe*

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCOI,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCOI,gr}(h) \quad (1976)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCAI,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ecs}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCAI,gr}$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCAI,gr}$$
(1977)

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 :

$$C_{ef_gaz}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;10)}^{CESCAI}(h)$$
(1978)

$$C_{ef_fod}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;20)}^{CESCAI}(h)$$
(1979)

$$C_{ef_cha}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;30)}^{CESCAI}(h)$$
(1980)

$$C_{ef_boi}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;40)}^{CESCAI}(h)$$
(1981)

$$C_{ef_ele}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;50)}^{CESCAI}(h)$$
(1982)

$$C_{ef_rdc}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;60)}^{CESCAI}(h)$$
(1983)

$$C_{ep_gaz}^{CESCAI} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCAI}$$
(1984)

$$C_{ep_fod}^{CESCAI} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCAI}$$
(1985)

$$C_{ep_cha}^{CESCAI} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCAI}$$
(1986)

$$C_{ep_boi}^{CESCAI} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCAI}$$
(1987)

$$C_{ep_ele}^{CESCAI} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCAI} \quad (1988)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCAI} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCAI} \quad (1989)$$

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 :

$$C_{ef_gaz}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;10)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (1990)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;20)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (1991)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;30)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (1992)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;40)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (1993)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;50)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (1994)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;60)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (1995)$$

$$C_{ep_gaz}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCAI,gr} \quad (1996)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCAI,gr} \quad (1997)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCAI,gr} \quad (1998)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCAI,gr} \quad (1999)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCAI,gr} \quad (2000)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCAI,gr} \quad (2001)$$

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).

$$Q_{rest}^{gr}(h) = 0 \quad (2002)$$

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).

$$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h) = \Phi_{vc}^{BS}(h) \quad (2003)$$

$$\Phi_{svc}^{sto,centr}(h) = Pe^{centr}(h) * Is_{sto_vc} \quad (2004)$$

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.

$$\Phi_{déc_vc}^{sto}(h) = \sum_{sto \in gr} (nb_{sto} * Pe(h)) \quad (2005)$$

$$\Phi_{déc_vc}^{gnr}(h) = \sum_{gnr \in gr} (nb_{sto} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2006)$$

9.18 C STO Gestion-régulation de la Boucle de Chauffage

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.

Version du 04/08/20

9.18.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 284 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de gestion-régulation de la boucle de chauffage.

Entrées du composant						
GR Génération	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{bz}(h)$	Températures des zones du ballon à la fin du pas de temps h	°C			
	$\theta_{bz}(Nb_{iter_vp})$	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			
	$\theta_{ch_max}^{gen}$	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
$Q_{puis\acute{e}_ch_SSC_int}(h)$	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 284 : 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 :

$$Q_{sto_dispo_ch_SSC}(h) = \sum_{z=1}^{z_{ech_ch}} \left[\rho_w c_w V_z \cdot \max \left((\theta_{bz}(Nb_{iter_vp}) - \theta_{puisage_ch}(h)); 0 \right) \right] \quad (2007)$$

Où, pour prendre en compte l'échange de chaleur entre la boucle de chauffage et le ballon,

$$\theta_{puisage_ch}(h) = \theta_{ch_max}^{gen} + \frac{Q_{req_ch}(h)}{UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot})} \quad (2008)$$

Où $UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot})$ est une interpolation linéaire du coefficient d'échange en fonction du volume.

$$UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot}) = \frac{UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot_2}) - UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot_1})}{V_{tot_2} - V_{tot_1}} \cdot V_{tot} + \frac{UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot_1}) \cdot V_{tot_2} - UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot_2}) \cdot V_{tot_1}}{V_{tot_2} - V_{tot_1}} \quad (2009)$$

$$\text{Avec } \begin{cases} V_{tot_1} = 200L & UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot_1}) = 1200W/K \\ V_{tot_2} = 2000L & UA_{hx}^{bcl_ch}(V_{tot_2}) = 12000W/K \end{cases}$$

A un pas de temps h , l'énergie maximale que l'on peut puiser dans le ballon s'exprime de la manière suivante :

$$Q_{puisé_ch_SSC_int} = \min(Q_{req_ch}(h); Q_{sto_dispo_ch_SSC}(h)) \quad (2010)$$

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 :

$$(\theta_{b(z_{ech_ch})}(h-1) - \theta_{amb}(h)) < \Delta\theta_{reg}^{bcl_ch} \text{ ou } Q_{sto_dispo_ch_SSC}(h) = 0 \quad (2011)$$

Alors :

$$\begin{cases} Q_{puisé_ch_SSC}(h) = 0 \\ Q_{rest_ch}(h) = Q_{req_ch}(h) \end{cases} \quad (2012)$$

Sinon,

$$\begin{cases} Q_{puisé_ch_SSC}(h) = Q_{puisé_ch_SSC_int} \\ Q_{rest_ch}(h) = Q_{req_ch}(h) - Q_{puisé_ch_SSC_int}(h) \end{cases} \quad (2013)$$

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 :

$$Q_{req_ch_puisé_ch_SSC_int} < Q_{req_ch}(h) < \quad (2014)$$

Alors :

$$\begin{cases} Q_{puisé_ch_SSC}(h) = 0 \\ Q_{rest_ch}(h) = Q_{req_ch}(h) \end{cases} \quad (2015)$$

Sinon

$$\begin{cases} Q_{puisé_ch_SSC}(h) = Q_{req_ch}(h) \\ Q_{rest_ch}(h) = 0 \end{cases} \quad (2016)$$

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.

Version du 04/08/20

9.19.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 285 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
	$\{Q_{age_ceff}^{assembl}(h)\}$	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
	$E_{BS}^{ef_aux_tot}$	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
	$nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}$	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) Fonction de l'élément de stockage: - 1 : Chauffage, - 2 : Refroidissement, - 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS, - 5 : Chauffage et refroidissement.	-	1	$+\infty$	
id_{fousto}	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.	1	5	-
$Type_{prod_stockage}$	Position de la génération : 1 : En volume chauffé, 0 : Hors volume chauffé. (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Ent.	0	5	-
Id_{pos_gen}		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 285 : 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.

$$Type_{prod_sto}=4 \quad (2017)$$

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.

$$\begin{aligned} Id_{fousto} &= Id_{fougen}^{base}=4 \\ Id_{fougen}^{ap} &= 3 \end{aligned} \quad (2018)$$

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 :

$$Z_{base}=1 \quad (2019)$$

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 :

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 :

$$Z_{ap}=Z_{reg_ap}=3 \quad (2021)$$

9.19.3.1.7 *Température de consigne du ballon*

Par convention, la température de consigne du ballon est de 55°C.

$$\theta_{c_ap}=55\text{ °C} \quad (2022)$$

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 $\theta_{b4}(h) < \theta_{c_ap}(h)$

$$nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}(h) = nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}(h-1) + 1 \quad (2023)$$

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 :

$$Q_{w_sto_unit}(h)=Q_{reg}(h) \quad (2024)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h)=\theta_{cw}(h) \quad (2025)$$

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.

Version du 04/08/20

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.

Version du 04/08/20

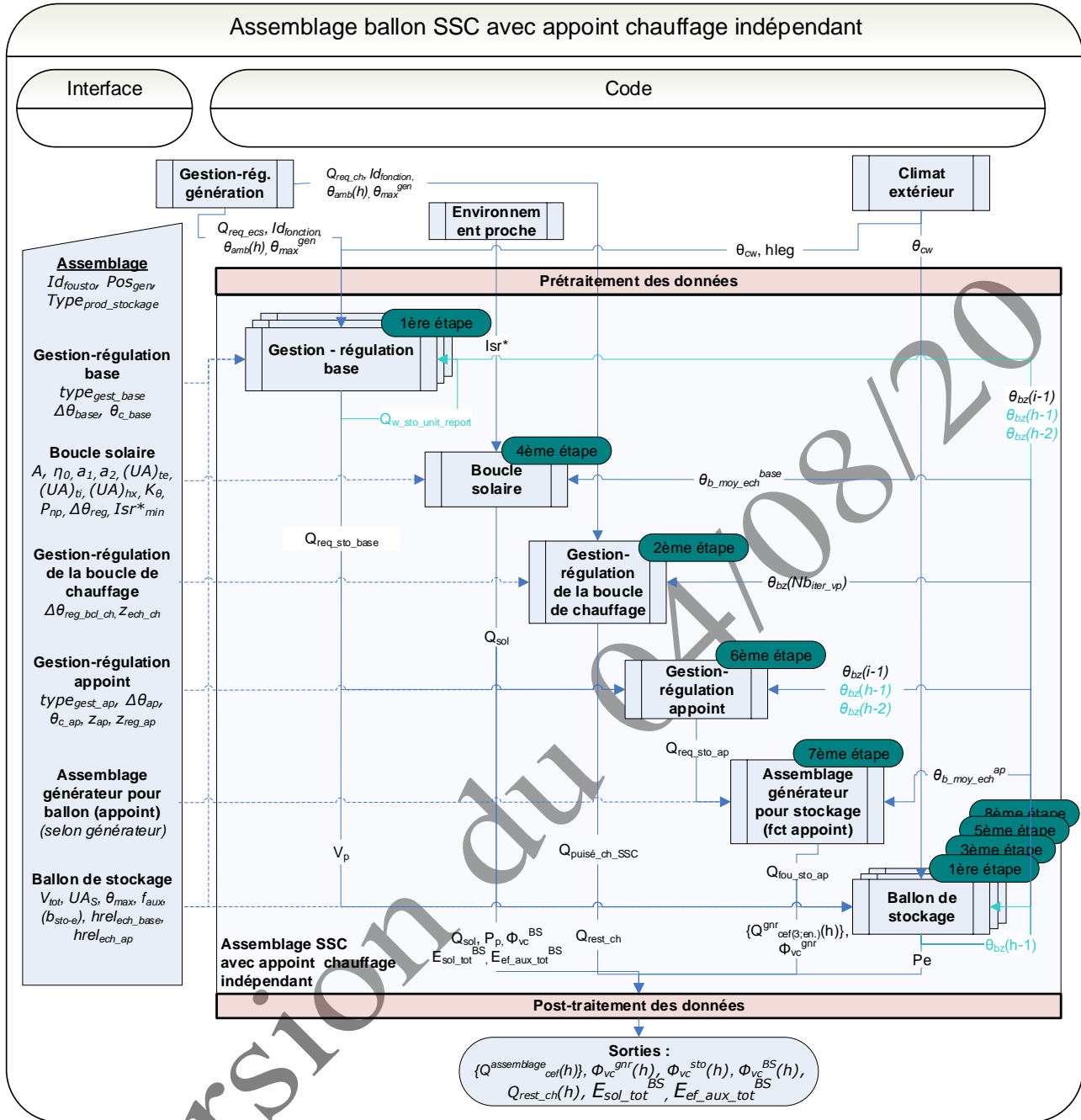


Figure 192 : schéma d'assemblage du modèle de système solaire combiné avec appoint indépendant pour le chauffage

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 :

$$\{Q_{cef(poste;Idengen)}^{assemblage}(h)\} = nb_{assembl} * \left(\begin{array}{l} \{Q_{cef(3;Idengen)}^{gnr_ap}(h)\} \\ + P_p(h) * \frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \end{array} \right) \quad (2026)$$

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.

$$Q_{rest}^{gnr_ap}(h) = 0 \quad (2027)$$

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 $nb_{assembl}=1$) :

$$\Phi_{vc}^{sto}(h) = (nb_{assembl} * Pe(h)) * Id_{pos_gen} \quad (2028)$$

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 »,

$$\Phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2029)$$

ainsi que les pertes de la boucle solaire en volume chauffé,

$$\Phi_{vc}^{BS}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{BS}(h)) \quad (2030)$$

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.

Version du 04/08/20

9.20.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 286 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de système solaire combiné à appoint pour le chauffage non indépendant.

Entrées			
	Nom	Description	Unité
Livr. proc.	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
GR Gen.	$Q_{req_ch}(h)$	Demande de chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
	$\theta_{ecs_max}^{gen}$	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
Clima t ext.	$id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction du générateur accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1: chauffage, 2: refroidissement, 3: ECS), pour les générateurs multifonctions.	Ent.
	h_{leg}	Heure légale	h
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur	°C
		(+voir fiches algorithme de l'assemblage)	
Sorties			
	Nom	Description	Unité
	$\{Q_{e_ceff}^{assemblage}(h)\}$	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 286 : 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.

$$Type_{prod_stockage}=5 \quad (2031)$$

9.20.3.1.2 *Fonction de l'assemblage*

L'assemblage ne fonctionne par définition qu'en mode mixte

$$Id_{fousto} = Id_{fougen} = 4 \quad (2032)$$

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 :

$$Z_{base}=1 \quad (2033)$$

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 :

$$Z_{ech_ch}=2 \quad (2034)$$

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 :

$$Z_{ap} = Z_{reg_ap} = 3 \quad (2035)$$

9.20.3.1.7 *Température de consigne du ballon*

Par convention, la température de consigne du ballon est de 55°C.

$$\theta_{c_ap} = 55 \text{ °C} \quad (2036)$$

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 $\theta_{b4}(h) < \theta_{c_ap}(h)$

$$nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}(h) = nbh_{temp_sto_insuff}^{ap}(h-1) + 1 \quad (2037)$$

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 :

$$Q_{w_sto_unit}(h) = Q_{req}(h) \quad (2038)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (2039)$$

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.

Version du 04/08/20

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}) :

$$Q_{rest_ecs}(h) = 0 \quad (2040)$$

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

$$Q_{req}(h) = Q_{rest_ch}(h) \quad (2041)$$

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.

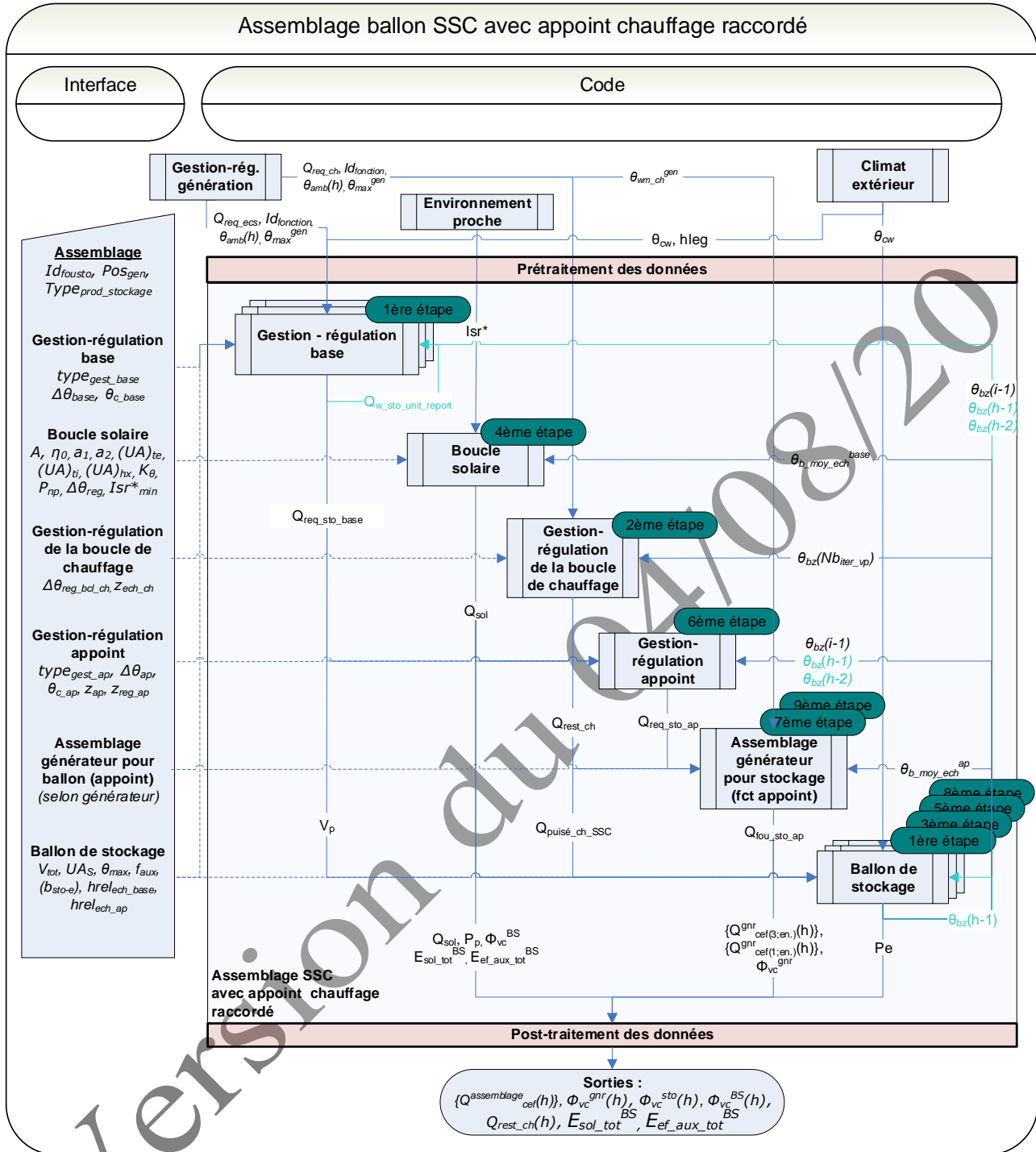


Figure 193 : schéma d'assemblage du modèle de système solaire combiné avec appoint pour le chauffage raccordé à l'assemblage

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 :

$$\{Q_{cef(poste;Idengen)}^{assemblage}(h)\} = nb_{assembl} * \left(\begin{array}{l} \{Q_{cef(po;Idengen)}^{gnr_ap}(h)\} \\ + P_p(h) * \frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \end{array} \right) \quad (2042)$$

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.

$$Q_{rest_ecs}^{gnr_ap}(h) = 0 \quad (2043)$$

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 $nb_{assembl}=1$):

$$\Phi_{vc}^{sto}(h) = (nb_{assembl} * Pe(h)) * Id_{pos_gen} \quad (2044)$$

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 »,

$$\Phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (2045)$$

ainsi que les pertes de la boucle solaire en volume chauffé,

$$\Phi_{vc}^{BS}(h) \leftarrow (nb_{assembl} * \Phi_{vc}^{BS}(h)) \quad (2046)$$

9.21 Récupération 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 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.

La Figure 194 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.

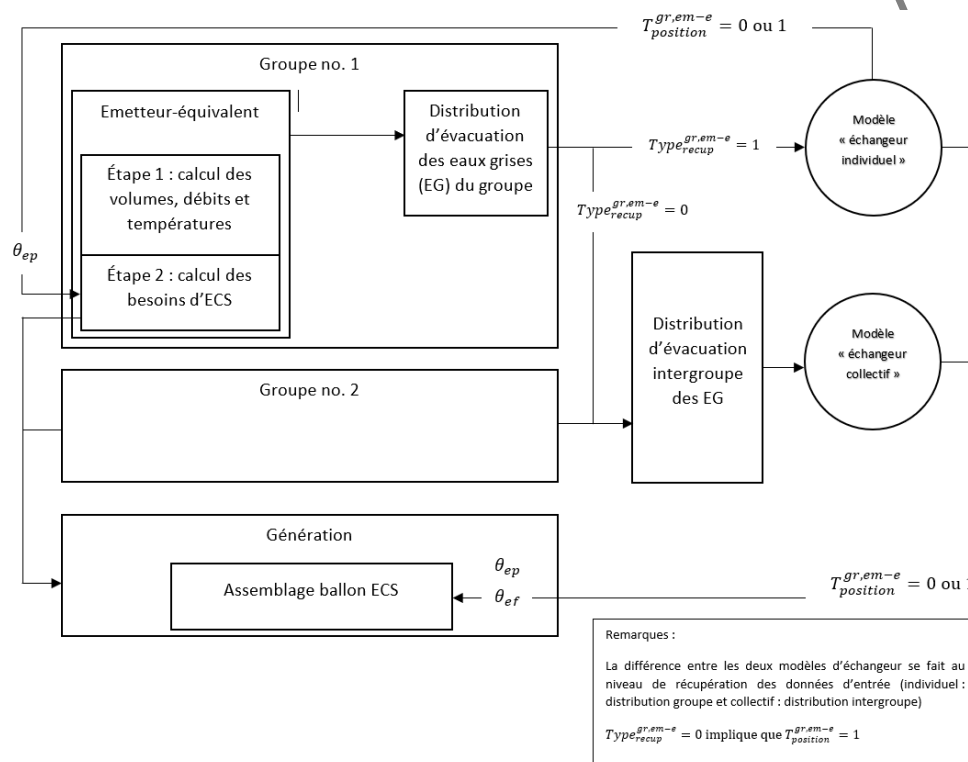


Figure 194: Structure informatique du modèle de récupérateur de chaleur sur les eaux grises

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) ;
- $T_{position}^{gr,em-e} = 2$ (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.

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 287 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	$+\infty$	

$Nb_{non-relies, \text{douches-bains}}^{gr,em-e,u}$	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

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

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
$N_{pui\text{-}equiv,relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	Nombre de puisages équivalents par type d'appareil sanitaire relié à l'échelle d'une configuration unitaire	-
$N_{pui\text{-}equiv,non-relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	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 d'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
$N_{pui\text{-}moyen-equiv,relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	Nombre moyen de puisages équivalents pour les différents types d'appareil sanitaire à l'échelle d'une configuration unitaire	-
$N_{pui\text{-}moyen-equiv,non-relies,i}^{gr,em-e,u}(h)$	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		

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 287 : 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 la valorisation des appareils économes), noté $V_{uw_hebd_corr}^{gr,em-e}$, 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 $V_{uw}^{gr,em-e}(h) = V_{uw_hebd_corr}^{gr,em-e} \times ah$.

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 :

$$V_{uw}^{gr}(h) = \sum_{em-e \in gr} V_{uw}^{gr,em-e}(h) \quad (2047)$$

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) :

$$V_{uw}^{gr,em-e}(h) = \sum_{u \in em-e} Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2048)$$

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 :

$$V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw,rat-relie,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) + V_{uw,rat-non-relie,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2049)$$

avec :

$$V_{uw,rat-relie,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = Rat \times \frac{Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \quad (2050)$$

$$V_{uw,rat-non-relie,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) = Rat \times \frac{Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}}{\sum_{em-e \in gr} \sum_{u \in em-e} Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u}} \times V_{uw}^{gr}(h) \quad (2051)$$

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 :

$$Rat = \frac{100 - Rat_{douches-bains}}{100} \quad (2052)$$

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 :

$$Nb_{douches-bains}^{gr,em-e,u} = Nb_{relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} + Nb_{non-relies,douches-bains}^{gr,em-e,u} \quad (2053)$$

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 :

$$V_{eg}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2054)$$

Équation (2054) 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 :

$$V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h) = V_{uw,relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2055)$$

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 :

$$\Delta\theta_{douches-bains}^{util} = 3^{\circ}\text{C} \quad (2056)$$

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 :

$$\begin{aligned} \theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h) &= \frac{V_{uw,relies,douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times (\theta_{uw} - \Delta\theta_{type,douches-bains}^{util})}{V_{eg,recup}^{gr,em-e-u}(h)} \\ &= \theta_{uw} - \Delta\theta_{type,douches-bains}^{util} \end{aligned} \quad (2057)$$

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 :

$$N_{\text{puisage-equiv, reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) = \left[\frac{V_{\text{uw, rat-relies, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h)}{V_{\text{uw-equiv, douches-bains}}^{gr, em-e}} \right] \quad (2058)$$

où $V_{\text{uw-equiv, douches-bains}}^{gr, em-e}$ est le volume équivalent à 40°C par type [m³] (lequel dépend du débit nominal $\text{debit}_{\text{nominal, douches-bains}}^{gr, em-e}$ [m³/s] et de la durée nominale $\Delta t_{\text{nominal, douches-bains}}^{gr, em-e}$ [s] définis conventionnellement) calculé comme suit :

$$V_{\text{uw-equiv, douches-bains}}^{gr, em-e} = \text{debit}_{\text{nominal, douches-bains}}^{gr, em-e} \times \Delta t_{\text{nominal, douches-bains}}^{gr, em-e} \quad (2059)$$

Un nombre de puisages équivalents pour les douches et baignoires non reliées est calculé comme suit :

$$N_{\text{puisage-equiv, non-reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) = \left[\frac{V_{\text{uw, rat-non-relies, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h)}{V_{\text{uw-equiv, douches-bains}}^{gr, em-e}} \right] \quad (2060)$$

Le nombre de puisages équivalents permet de calculer un débit effectif en conservant comme référence la durée nominale (définie conventionnellement) :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr, em-e, u}(h) \\ = \frac{V_{\text{uw, rat-relies, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h)}{N_{\text{puisage-equiv, reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) \times \Delta t_{\text{nominal, douches-bains}}^{gr, em-e}} \end{aligned} \quad (2061)$$

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{effectif-non-relies}}^{gr, em-e, u}(h) \\ = \frac{V_{\text{uw, rat-non-relies, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h)}{N_{\text{puisage-equiv, non-reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) \times \Delta t_{\text{nominal, douches-bains}}^{gr, em-e}} \end{aligned} \quad (2062)$$

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 $N_{\text{puisage-equiv, reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr, em-e, u}(h)$. 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 $N_{\text{puisage-equiv, reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) = 1$:

$$\text{debit}_{\text{eg, recup}}^{gr, em-e, u}(h) = N_{\text{puisage-equiv, reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr, em-e, u}(h) \quad (2063)$$

sinon :

$$\begin{aligned} \text{debit}_{\text{eg, recup}}^{gr, em-e, u}(h) \\ = N_{\text{puisage-equiv, reliés, douches-bains}}^{gr, em-e, u}(h) \times \text{debit}_{\text{effectif-relies}}^{gr, em-e, u}(h) \\ \times Y_{\text{relies}}(h) \end{aligned} \quad (2064)$$

où $Y_{\text{relies}}(h)$ est le coefficient de probabilité de simultanéité des puisages (facteur de concomitance), pour les appareils sanitaires reliés, calculé comme suit :

$$Y_{relies}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage-equiv,relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (2065)$$

Si $N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) = 1$:

$$\begin{aligned} debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) &= N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \\ &\times debit_{\text{effectif-non-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \end{aligned} \quad (2066)$$

sinon :

$$\begin{aligned} debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) &= N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) \\ &\times debit_{\text{effectif-non-relies}}^{gr,em-e,u}(h) \times Y_{non-relies}(h) \end{aligned} \quad (2067)$$

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 :

$$Y_{non-relies}(h) = \frac{0,8}{\sqrt{N_{\text{puisage-equiv,non-relies,douches-bains}}^{gr,em-e,u}(h) - 1}} \quad (2068)$$

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 $T_{\text{position}}^{gr,em-e} = 0$ (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 :

$$debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = debit_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + debit_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2069)$$

Si $T_{\text{position}}^{gr,em-e} = 1$ (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 :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h - 1) - \theta_{cw}} \quad (2070)$$

Le débit d'eau froide circulant dans le récupérateur de chaleur unitaire est donc calculé comme suit :

$$\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = [\text{debit}_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) + \text{debit}_{eg,non-recup}^{gr,em-e,u}(h)] \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{cw}(h-1) - \theta_{cw}} \quad (2071)$$

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

$$n = 0$$

$$n_{max} = 1000$$

$$\theta_{ep}^{gr,em-e,u}(n=0) = \frac{\theta_{eg} + \theta_{cw}}{2} \text{ (Correspond à un rendement initial de l'échangeur de chaleur de 50\%)}$$

$$\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n=0) = \text{debit}_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}}$$

Boucle

Tant que $n \leq n_{max}$ ou que $\frac{|\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n) - \text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n-1)|}{\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n)} > 5\%$ (passage dans le récupérateur, h est fixe) :

$$\theta_{ep}(n+1) \leftarrow \text{Modèle échangeur instantané de chaleur}(\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n))$$

$$\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n+1) = \text{debit}_{eg,recup}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(n+1)}{\theta_{ec}(h-1) - \theta_{ep}(n+1)}$$

$$n = n + 1$$

Fin

$$\text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(h) = \text{debit}_{ef}^{gr,em-e,u}(n)$$

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 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.

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (2072)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}} \quad (2073)$$

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

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (2074)$$

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 :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (2075)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw}^{gr,em-e}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} \quad (2076)$$

Les besoins d'ECS sont les suivants :

Par émetteur d'ECS équivalent

$$Q_w^{gr,em-e}(h) = \rho_w \times c_w \times V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw}) \quad (2077)$$

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 :

$$V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) = V_{uw, rat-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{ep}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{ep}(h)} + V_{uw, rat-non-relies, douches-bains}^{gr,em-e,u}(h) \times \frac{\theta_{uw} - \theta_{cw}(h)}{\theta_{ec}(h) - \theta_{cw}(h)} \quad (2078)$$

À l'échelle de l'émetteur équivalent,

$$V_{ec}^{gr,em-e}(h) = Nb_{echangeurs}^{gr,em-e,u} \times V_{ec}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2079)$$

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 : (2080)

$$Q_w^{gr}(h) = \rho_w \times c_w \times \sum_{em-e \in gr} V_{ec}^{gr,em-e}(h) \times (\theta_{ec} - \theta_{cw})$$

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 TH-BCE 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 288 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 288 : Nomenclature des différentes variables utilisées dans les ajouts à « assemblage ballon stockage ECS »

Version du 04/08/20

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{entrant} = \theta_{ef} \quad (2081)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{ep}(h) \quad (2082)$$

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 :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{entrant} = \theta_{ef} \quad (2083)$$

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 289 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 289 : 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 :

$$debit_{gw}^{2nd-e}(h) = debit_{gw}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2084)$$

$$debit_{ef}^{2nd-e}(h) = debit_{ef}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2085)$$

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 :

$$\theta_{eg}^{2nd-e}(h) = \theta_{eg}^{gr,em-e,u}(h) \quad (2086)$$

Le ratio de prise en compte de la présence de locaux non chauffés b_{2nd-e} est calculé comme suit :

$$b_{2nd-e} = \frac{L_{evac,vnc}^{2nd-e}}{L_{evac,vc}^{2nd-e} + L_{evac,vnc}^{2nd-e}} \quad (2087)$$

Ce ratio permet de calculer une température d'air $\theta_{air}(h)$ pour les pertes :

$$\theta_{air}(h) = (1 - b_{2nd-e}) \times \theta_{amb} + b_{2nd-e} \times \theta_{ext}(h) \quad (2088)$$

La chute de température est calculée comme suit :

$$\Delta\theta^{2nd-e} = [1 - F_{am}] \times (\theta_{eg}^{2nd-e}(h) - \theta_{air}(h)) \quad (2089)$$

où F_{am} est le coefficient de pertes dans les canalisations :

$$F_{am} = 1 - \frac{0,16}{100} \times L_{evac,vc}^{2nd-e} - \frac{0,30}{100} \times L_{evac,vnc}^{2nd-e} \quad (2090)$$

La température des eaux grises en sortie de la distribution du groupe d'évacuation des eaux grises est :

$$\theta_{eg}^{2nd-e}(h) = \theta_{eg}^{2nd-e}(h) - \Delta\theta^{2nd-e} \quad (2091)$$

Version du 04/08/20

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 290 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
Sorties					

Nom	Description	Unit é	
$debit_{eg}^{prim}(h)$	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	Unit é	
$\theta_{air}(h)$	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 290 : 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 $Type_{recup}^{gr,em-e} = 0$) :

$$debit_{eg}^{prim}(h) = \sum_{gr \in zone} debit_{eg}^{2nd-e}(h) \quad (2092)$$

$$debit_{ef}^{prim}(h) = \sum_{gr \in zone} debit_{ef}^{2nd-e}(h) \quad (2093)$$

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 :

$$\theta_{eg}^{prim}(h) = \frac{\sum_{gr \in zone} debit_{eg}^{2nd-e}(h) \times \theta_{eg}^{2nd-e}(h)}{debit_{eg}^{prim}(h)} \quad (2094)$$

Le ratio de prise en compte de la présence de locaux non chauffés b_{prim} est calculé comme suit :

$$b_{prim} = \frac{L_{evac,vnc}^{prim}}{L_{evac,vc}^{prim} + L_{evac,vnc}^{prim}} \quad (2095)$$

Ce ratio permet de calculer une température d'air $\theta_{air}(h)$ pour les pertes :

$$\theta_{air}(h) = (1 - b_{prim}) \times \theta_{amb} + b_{prim} \times \theta_{ext}(h) \quad (2096)$$

La chute de température est calculée comme suit :

$$\Delta\theta^{prim} = [1 - F_{am}] \times (\theta_{eg}^{prim}(h) - \theta_{air}(h)) \quad (2097)$$

où F_{am} est le coefficient de pertes dans les canalisations :

$$F_{am} = 1 - \frac{0,16}{100} \times L_{evac,vc}^{prim} - \frac{0,30}{100} \times L_{evac,vnc}^{prim} \quad (2098)$$

La température des eaux grises en sortie de la distribution intergroupe est :

$$\theta_{eg}^{prim}(h) = \theta_{eg}^{prim}(h) - \Delta\theta^{prim} \quad (2099)$$

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 291 présente la nomenclature des différentes variables du modèle « échangeur instantané de chaleur sur les eaux grises ».

Entrées du composant		
Nom	Description	Unit é
$\theta_{ef}(h)$	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
$c_{p,eau}$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

Tableau 291 : 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 :

$$\theta_{eg}^{ech}(h) = \theta_{eg}^{prim}(h) \quad (2100)$$

$$debit_{ef}^{ech}(h) = debit_{ef}^{prim}(h) \quad (2101)$$

$$debit_{eg}^{ech}(h) = debit_{eg}^{prim}(h) \quad (2102)$$

Si $Type_{recup}^{gr,em-e,u} = 1$ (récupération individuel) :

Récupération des données d'entrée au niveau du groupe

$$\theta_{eg}^{ech}(h) = \theta_{eg}^{2nd-e}(h) \quad (2103)$$

$$debit_{ef}^{ech}(h) = debit_{ef}^{2nd-e}(h) \quad (2104)$$

$$debit_{eg}^{ech}(h) = debit_{eg}^{2nd-e}(h) \quad (2105)$$

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 ,

$$\varepsilon_{ech_eg}(h) = \begin{cases} 0 & , \text{si } C_{ef}(h) = 0 \text{ ou } C_{eg}(h) = 0 \\ \varepsilon_{ech_eg_fixe} & , \text{autrement} \end{cases} \quad (2106)$$

où les débits calorifiques $C_{ef}(h)$ et $C_{eg}(h)$ sont calculés suivant les équations (2107) et (2108).

$$C_{eg}(h) = \rho_{eau} \times c_{p,eau} \times debit_{eg}^{ech}(h) \quad (2107)$$

$$C_{ef}(h) = \rho_{eau} \times c_{p,eau} \times debit_{ef}^{ech}(h) \quad (2108)$$

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 :

$$\theta_{ep}(h) = \theta_{ef}(h) + \varepsilon_{ech_eg}(h) \times [\theta_{eg}^{ech}(h) - \theta_{ef}(h)] \times \frac{\min(C_{eg}(h); C_{ef}(h))}{C_{ef}(h)} \quad (2109)$$

La température des eaux grises préchauffées en sortie de l'échangeur de chaleur se déduit de la façon suivante :

$$\theta_{eg, evac}(h) = \theta_{eg}^{ech}(h) + \varepsilon_{ech_eg}(h) \times [\theta_{ef}(h) - \theta_{eg}^{ech}(h)] \times \frac{\min(C_{eg}(h); C_{ef}(h))}{C_{eg}(h)} \quad (2110)$$

9.22 **PR1 IdCET Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique**

9.22.1 INTRODUCTION

Dans la 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 Th-BCE relatifs à la production d'eau chaud thermodynamique avec stockage, à partir des résultats d'essais de la norme NF EN 16147.

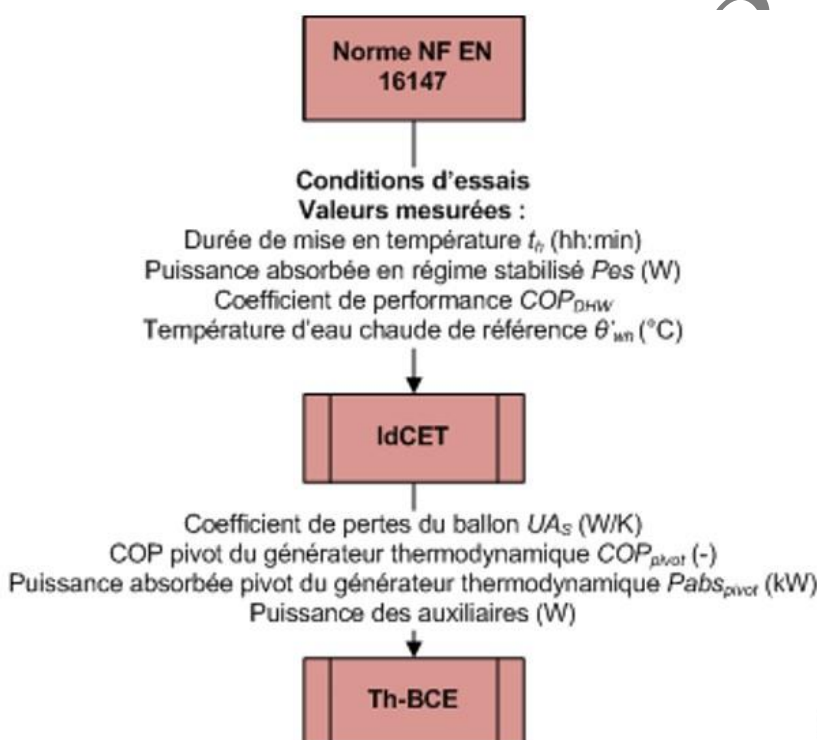


Figure 195 : principe de l'outil IdCET

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 8.22
3. La valeur pivot de la puissance absorbée des machines thermodynamique - cf. Méthode Th-BCE section 8.22

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

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
$T_{e_{ciel}}$	Température du ciel	°C
T_e	Température extérieure d'air sec	°C
w_e	Poids d'eau	kg/kgas
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

Pour masque vertical droit

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	$+\infty$
hp_E	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 15
$T_{simul_deb_veg}$	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 -
$Id_masque[N_{masque}]$	Identifiant des masques	-	-	- -

Sorties

Nom	Description	Unité
T_e	Température extérieure d'air sec	°C
w_e	Poids d'eau	kg/kgas
V_{entc}	La vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s
Dir_{vent}	Direction du vent	°
T_{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/m²
$Dfp^*_{,ev}$	Rayonnement diffus atteignant une paroi	W/m²
$Rrp^*_{,ev}$	Rayonnement réfléchi atteignant une paroi	W/m²
$Erp^*_{,ev}$	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	W/m²

voûte céleste, compte tenu de l'inclinaison de la paroi

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/m²

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/m²
Dfp	Rayonnement diffus incident	W/m²
Rrp	Rayonnement réfléchi incident	W/m²
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/m ² / K	5.5

Tableau 2 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
Id_{cycle}	Type de cycle de soutirage choisi pour l'étape C 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
$(UA)_{s_util}$	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	entier	-

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.

	auxiliaires dans la puissance électrique totale		
$\{ValECS(Icol, Ialign)\}$	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	-	-
<i>Fonc_compr</i>	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	entier	2
<i>Statut_donnees</i>	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée	entier	
<i>Statut_donnee_UA</i>	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	
<i>Statut_Taux</i>	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	
<i>Type_prod_stockage</i>	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
<i>Syst_Thermo_ECS</i>	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	
<i>Sys_thermo_ds</i>	Liste des systèmes thermodynamiques en fonctionnement ch+ECS : 1 : PAC air extérieur / eau 2 : PAC eau de nappe/eau 3 : PAC eau glycolée/eau	entier	
<i>id_fluide-amont</i>	Type de fluide amont du générateur : 1 : <i>Eau</i> 2 : <i>Air</i> 3 : <i>Autre fluide.</i>	Entier	
<i>id_amont-air-type</i>	Type de source amont air du générateur : 1 : <i>Air extérieur,</i> 2 : <i>Air ambiant de volume non-chauffé,</i>	Entier	

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
$Durée_{\text{étapeC}}$	Durée de l'étape C de la norme NF EN 16147	h
$Durée_{\text{étapeD}}$	Durée de l'étape D de la norme NF EN 16147	h
$Durée_{\text{étapeE}}$	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	-
$n b h_{fonct}$	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/(k g.K)	1,163
-------	--	---------------	-------

Tableau 292 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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 :

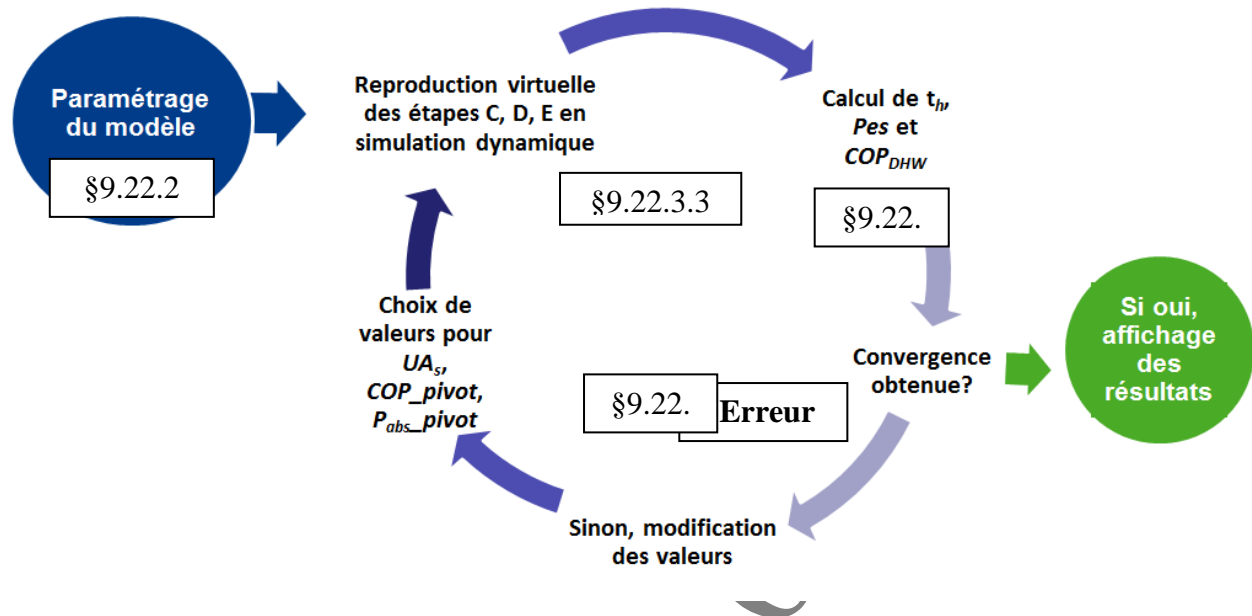


Figure 196 : cycle de résolution d'IdCET

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 :

$$\begin{aligned}\forall \square, \theta_{ext}(\square) &= 7^{\circ}\text{C} \\ \forall \square, \theta_{ext}(\square) &= 10^{\circ}\text{C}\end{aligned}\tag{2111}$$

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 $Type_{source_chaleur} = 2$

$$\forall \square, \theta_{amb}(\square) = 15^{\circ}\text{C}\tag{2112}$$

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 proposés 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 :

$$Q_{w_{int}}(\square) = \rho_w * C_w * (a^{gr,em-e} * a_{\square}(\square)) \quad (2113)$$

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) :

$$(a^{gr,em-e})^{cycleA} = 0 \quad (2114)$$

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.

$$(a^{gr,em-e})^{cycleB} = 0 \quad (2115)$$

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 293 : 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 $V_{40^{\circ}\text{C}}$ (la température d'eau froide est figée à 10°C) :

Tableau 294 : 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,

$$ah^{NF_EN_16147}(h) = \frac{Q_w(h)}{\sum_{h=0}^{23} Q_w(h)} \quad (2116)$$

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 295 : 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 :

$$\begin{cases} a^{gr,em-e} = V_{40^{\circ}C}^{NF_EN_16147} \\ ah(h) = ah^{NF_EN_16147}(h) \end{cases} \quad (2117)$$

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 (2113) 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

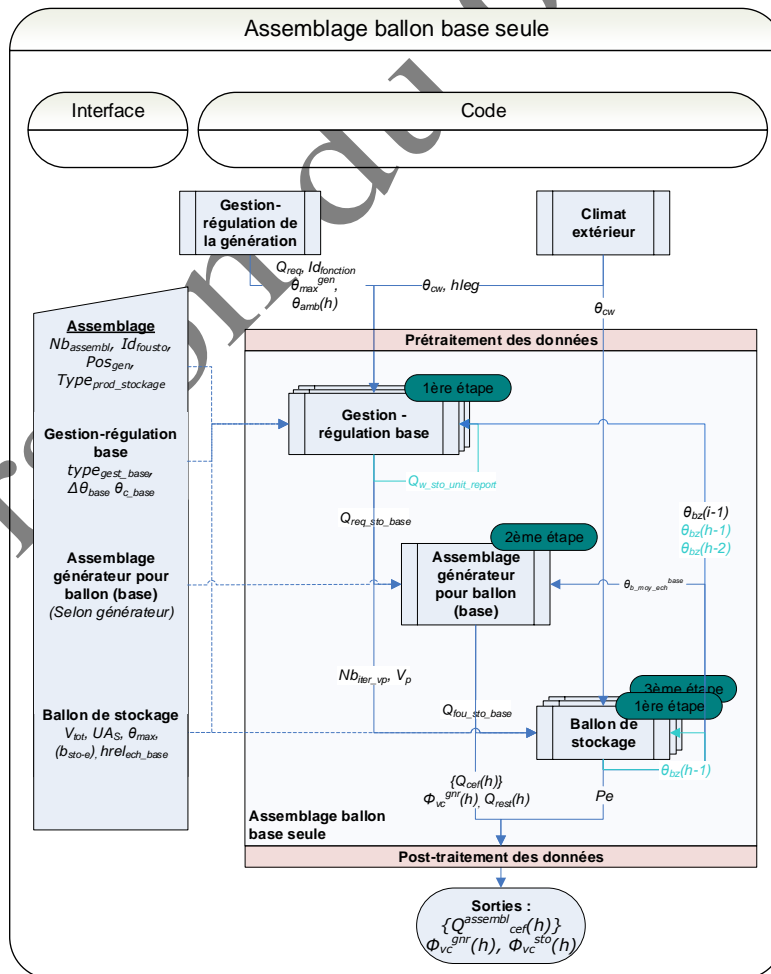


Figure 197 : assemblage ballon base seule Th-BCE

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 desservi 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
$Type_{réseau_intergroupe-e}$	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.

$$V_{tot} = V_{tot}^{IdCET} \quad (2118)$$

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 :

$$\theta_{c_base} = \theta'_{wh} \quad (2119)$$

De fait, la valeur de UA_S est certifiée.

$$Statut_{données_UA}=0 \quad (2120)$$

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,

$$ValECS_{pivot} = COP_{pivot}$$

(2121)

$$ValPabs_{pivot} = Pabs_{pivot}$$

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).

$$id_{\text{étape_norme}} = 0 \quad (2122)$$

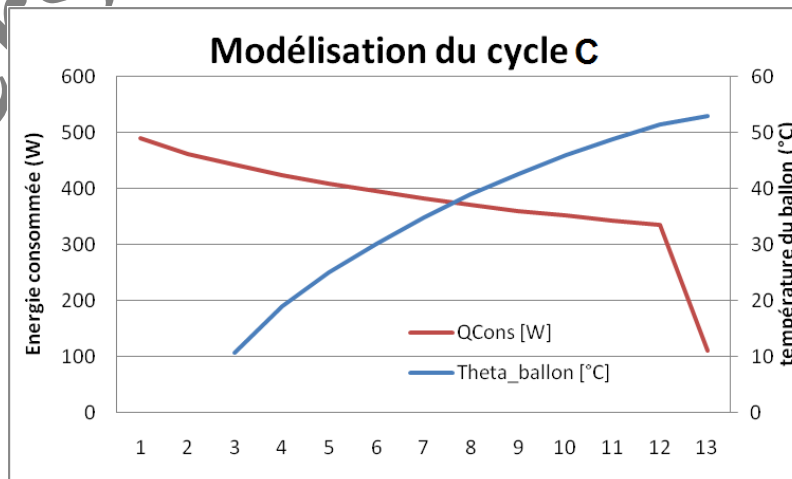
9.22.3.3.2 Etape C : fonction f_{th}

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).

$$\forall z, \theta_{bz}^{init} = 10^\circ\text{C} \quad (2123)$$

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 ($1-Rat_{fonctECS}$) au dernier pas de temps. Le Q_{req} correspond à l'énergie requise aux bornes de la pompe à chaleur.

Initialisation

$$Nb_{fonct}(h)=0 \quad (2124)$$

Si $Q_{req}(h)>0$

Tant que LR=100%,

$$Nb_{fonct}=Nb_{fonct}(h-1)+1$$

Si LR<100%,

$$Nb_{fonct}=Nb_{fonct}(h-1)+R_{fonctECS}(h) \quad (2125)$$

Sinon $Q_{req}(h)=0$

$$\begin{cases} t_h^{Th-BCE} = Nb_{fonct} \\ id_{\acute{e}tape_norme} = 1 \end{cases}$$

La durée de mise en température du ballon calculée avec Th-BCE, notée t_h^{Th-BCE} , est alors connue.

9.22.3.3 *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

$$\begin{cases} t_{es} = 0 \\ W_{es} = 0 \\ nb_{cycle_MA} = 0 \\ Dur\acute{e}e_{\acute{e}tapeB} = 0 \end{cases} \quad (2126)$$

A chaque pas de temps h de l'étape D ($id_{\text{etape_norme}} = 1$)

Si ($Dur\acute{e}e_{\text{etapeD}} < 48$ et $nb_{\text{cycle_MA}} < 6$),

Lorsque $Q_{\text{cons}}(h-1) \neq 0$ et $Q_{\text{cons}}(h) = 0$

$$\begin{cases} nb_{\text{cycle_MA}} = nb_{\text{cycle_MA}} + 1 \\ t_{es} = 0 \\ W_{es} = 0 \end{cases} \quad (2127)$$

Sinon

$$\begin{cases} Dur\acute{e}e_{\text{etapeD}} = Dur\acute{e}e_{\text{etapeD}} + 1 \\ t_{es} = t_{es} + 1 \\ W_{es} = W_{es} + Q_{\text{cons}}(h) \end{cases}$$

Sinon

$$\begin{cases} id_{\text{etape_norme}} = 2 \\ P_{es}^{Th-BCE} = \frac{W_{es}(h-1)}{t_{es}(h-1)} \end{cases} \quad (2128)$$

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 Ttc . 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

$$\begin{cases} Dur\acute{e}e_{\text{etapeE}} = 0 \\ Q_{TC_int} \\ W_{EL-HP-TC_int} \\ \theta_{bz}^{init} = \theta_{c_base} \end{cases} \quad (2129)$$

A chaque pas de temps h de l'étape E ($id_{\text{etape_norme}} = 2$)

Si $Dur\acute{e}e_{\text{etapeE}} < 24$ (2130)

$$\begin{cases} \text{Durée}_{\text{étapeE}} = \text{Durée}_{\text{étapeE}} + 1 \\ Q_{TC_{int}} = Q_{TC_{int}} + Q_{req_{ecs}}(h) \\ W_{EL-HP-TC_{int}} = W_{EL-HP-TC_{int}} + Q_{cef(ecs,elec)}(h) \end{cases}$$

Si $\text{Durée}_{\text{étapeE}} \geq 24$

Si $Q_{cons}(h-1) \neq 0$ et $Q_{cons}(h) = 0$,

$$\begin{cases} t_{TTC} = \text{Durée}_{\text{étapeE}} \\ Q_{TC}^{Th-BCE} = Q_{TC_{int}} \\ W_{EL-HP-TC}^{Th-BCE} = W_{EL-HP-TC_{int}} \end{cases}$$

et $id_{\text{étape_norme}} = 3$

Sinon

$$\begin{cases} \text{Durée}_{\text{étapeE}} = \text{Durée}_{\text{étapeE}} + 1 \\ Q_{reqTC_{int}TC_{int}} \end{cases}$$

Le COP_{DHW} s'exprime alors ainsi :

$$COP_{DHW}^{Th-BCE} = \frac{Q_{TC}^{Th-BCE}}{W_{EL-HP-TC}^{Th-BCE} + (24 - t_{TTC}) * P_{es}^{Th-BCE}} \quad (2131)$$

9.22.3.4 Méthode d'identification des paramètres

Par commodité, on prend la notation suivante : on définit la fonction \vec{F} par

$$\vec{F}: \mathcal{R}^3 \rightarrow \mathcal{R}^3 \\ ((U_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) \rightarrow (t_h^{Th-BCE}, P_{ES}^{Th-BCE}, COP_{DHW}^{Th-BCE})) \quad (2132)$$

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 $(U_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot})$ pour lequel

$$\vec{F}(U_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) = (t_h, P_{ES}, COP_{DHW}) \quad (2133)$$

Pour se faire, on définit la fonction de \mathcal{R}^3 dans \mathcal{R} suivante :

$$\begin{aligned} \epsilon(U_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) \\ = \left\| \frac{\vec{F}(U_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) - (t_h, P_{ES}, COP_{DHW})}{(t_h, P_{ES}, COP_{DHW})} \right\| \end{aligned} \quad (2134)$$

Le symbole $\| \cdot \|$ désigne la norme 2 sur \mathcal{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 $(U_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot})$ pour lesquelles on reproduit les résultats de l'essai NF EN

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 \mathbb{R}^n dans \mathbb{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 :

$$\epsilon(UA_{S,util}, ValCOP_{pivot}, ValPABS_{pivot}) < 10^{-4} \quad (2135)$$

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 pas 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 :

Si $Is_{aux}=0$ (les auxiliaires ne sont pas pris en compte dans les résultats d'essais)

$$T_{aux}^{Th-BCE} = 0.02 \quad (2136)$$

Si $Is_{aux}=1$ (les auxiliaires sont pris en compte dans les résultats d'essais)

$$T_{aux}^{Th-BCE} = 0 \quad (2137)$$

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 :

Si t_h , P_{es} , COP_{DHW} , θ'_{WH} sont certifiées 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 :

Pour COP_{pivot} et $Pabs_{pivot}$

$$Statut_donnees=certifiées \quad (2138)$$

Pour $UA_{S,util}$:

$$Statut_donnée_UA=0$$

Pour T_{aux} :

Si $Is_{aux}=0$,

$$Statut_Taux=2 \text{ (valeur par défaut de Th-BCE)} \quad (2139)$$

Si $Is_{aux}=1$,

$$Statut_Taux=0 \text{ (voir valeur de Taux au §9.22.3.5.1)}$$

Si t_h , P_{es} , COP_{DHW} , θ'_{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 :

Pour COP_{pivot} et $Pabs_{pivot}$

$Statut_donnees=justifiées$

Pour UA_{S_util} :

(2140)

$Statut_donnée_UA=1$

Pour T_{aux} :

Si $Is_{aux}=0$,

$Statut_Taux=2$ (valeur par défaut de Th-BCE)

(2141)

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),

$$\begin{cases} Syst_Thermo_ECS^{Th-BCE} = 1 \\ Id_{fluide_amont} = 2 \\ Id_{amont-air-type} = 1 \end{cases} \quad (2142)$$

Si $Type_{source_chaleur} = 2$ (air ambiant),

$$\begin{cases} Syst_Thermo_ECS^{Th-BCE} = 3 \\ Id_{fluide_amont} = 2 \\ Id_{amont-air-type} = 2 \end{cases} \quad (2143)$$

Si $Type_{source_chaleur} = 3$ (air extrait),

$$\begin{cases} Syst_Thermo_ECS^{Th-BCE} = 2 \\ Id_{fluide_amont} = 2 \\ Id_{amont-air-type} = 3 \end{cases} \quad (2144)$$

Si $Type_{source_chaleur} = 4$ (eau),

$$\begin{cases} Syst_Thermo_ECS^{Th-BCE} = 4 \\ Id_{fluide_amont} = 1 \end{cases} \quad (2145)$$

Le compresseur de la pompe à chaleur est supposé fonctionner en cycle marche-arrêt :

$$Fonc_compr=2 \quad (2146)$$

Le volume du ballon est toujours celui saisi par l'utilisateur d'IdCET :

$$V_{tot}=V_{tot}^{IdCET} \quad (2147)$$

L'hystérésis de régulation du thermostat de la pompe à chaleur est égale à la valeur par défaut :

$$\delta\theta_{base}=2\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2148)$$

Version du 04/08/20

9.23 **PR2 IdCESI Saisie des chauffe-eau solaires individuels (Kit CESI)**

9.23.1 INTRODUCTION

Dans la 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. Cette possibilité n'est pas remise en cause par la présente fiche.

Pour utiliser le même modèle lorsque l'on a un chauffe-eau solaire caractérisé dans son ensemble (norme NF EN 12976), on donne ici le moyen (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.

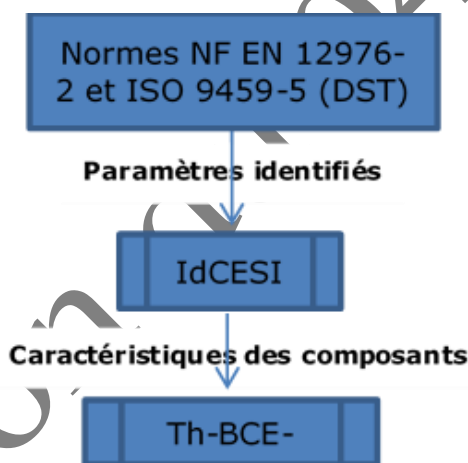


Figure 1

Figure 198 - principe de l'outil IdCESI

9.23.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 296 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_C^*	superficie de captage équivalente du chauffe-eau solaire	m^2	0	$+\infty$	-
U_C^*	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 296 : 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 :

$$A = A \quad (214 \quad 9)$$

$$V_{tot} = V_{tot} \quad (215 \quad 0)$$

$$P_{np} = P_{np} \quad (215 \quad 1)$$

$\eta_0 = A_C^*/(0,8 A)$	(215 2)
$a_1 = U_C^*.\eta_0$	(215 3)
$a_2 = 0$	(215 4)
$(UA)_{te} = 0$	(215 5)
$(UA)_{ti} = 0$	(215 6)
$(UA)_S = U_S$	(215 7)
$V_{ap} = V_{tot}.f_{aux}$	(215 8)
$\Delta\theta_{reg} = 2$	(215 9)

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

Version du 04/08/20

9.24 **FA Bâtiments non équipés de production d'eau chaude sanitaire**

9.24.1 *INTRODUCTION*

Cette fiche d'application 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 :

- Bureaux
- Enseignement primaire
- Enseignement secondaire partie jour
- Commerces

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 : 1 chauffe-eau, quel que soit le nombre d'étages
 - o Pour les bâtiments de plus de 750m² : 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. LE DEPLACEMENT INTERNE AU BÂTIMENT DES OCCUPANTS

10.1 C Bat Ascenseurs

10.1.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation électrique annuelle en énergie finale 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.-à-d., 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.

C_EIN_Scénarios conventionnels

Entrées du composant					
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 décrétement de la puissance totale alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	0	+ ∞	
T1	Durée avant premier décrétement 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.-à-d., 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 297 : 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 propose 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 seconde 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 première colonne.

Usage de la zone, k	$B_v(k)$
Logement collectif	1582,4
Bureaux	1731,9
Commerce magasin zone commerciale	4158
Crèche / Garderie	924
Enseignement primaire	804
Enseignement secondaire jour	1206
Enseignement secondaire nuit	804
Enseignement universitaire	1608
Foyer jeune travailleur	980

Cité universitaire	804
Établissement sanitaire avec hébergement	2190
Établissement sportif scolaire	402
Établissement sportif municipal et privé	2680
Hôpital partie jour	4380
Hôpital partie nuit	2920
Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	2920
Hôtel 2* (partie nuit)	2920
Hôtel 0*, 1* et 2* (partie nuit)	2920
Hôtel 3*, 4* et 5* (partie nuit)	2920
Hôtel 3* (partie nuit)	2920
Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	2920
Industrie – 3×8h	2190
Industrie – 8h à 18h	1040
Restaurant 1 repas/jour	510
Restaurant scolaire 1 repas/jour 5 jours/7	402
Restaurant 2 repas/jour 6 jours/7	1248
Restaurant 1 repas/jour 5 jours/7	1460
Restaurant scolaire 3 repas/jour 5 jours/7	1206
Restaurant continu	2190
Transport aérogare	7665
Tribunal	520

Tableau 298 : 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 299 : 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 300 : 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 301 : 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 302 : 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 303 : 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 304 : 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 305 : 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 P_{ti}^i , $dP1^i$, $T1^i$, $dP2^i$ et $T2^i$ peuvent par contre être définis par défaut si l'utilisateur fixe ScVeille à 0 (scénario de mise en veille non-connu). Les valeurs par défaut adoptées sont alors les suivantes :

Valeur par défaut P_{ti}

$$P_{ti}^i = P_{man}(immobile) + (netage + 1) \cdot [P_{boutonpal}(immobile) + P_{indpal}(immobile)] + P_{frein}(immobile) + P_{veilleporte} + P_{incab}(immobile) + P_{ec}(Q_i) + P_{alarm}(immobile) \quad (2160)$$

Valeur par défaut de $dP1$

$$dP1^i = 0 \text{ W} \quad (2161)$$

Note: cette valeur signifie qu'il n'y a pas de décrétement de puissance quand la cabine est à l'arrêt.

Valeur par défaut $T1$

$$T1^i = 86\,400 \text{ s} \quad (2162)$$

Valeur par défaut $dP2$

$$dP2^i = 0 \text{ W} \quad (2163)$$

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 $T2$

$$T2^i = 86\,400 \text{ s} \quad (2164)$$

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 :

$$Q_z = \sum_i Q^i \cdot C(i, z) \quad (2165)$$

- calcul du nombre de personnes NB_z , dans la zone n°z :

$$NB_z = \text{Max}_{\text{année}} (\sum_{l=1}^{nb \text{ locaux dans zone } Z} N_{occ}^l) \quad (2166)$$

avec N_{occ}^i 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 :

$$BV_z = BV(k) \quad (2167)$$

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 :

$$BVNB^i = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} BV_z \cdot NB_z \quad (2168)$$

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 :

$$Ndem^i = \frac{BVNB^i \cdot M_{pass}}{Q^i \cdot 0,2} \quad (2169)$$

$$\sum_{direction, X} X \cdot S(direction, X) = 0,2 \quad (2170)$$

Accélération a^i de la cabine n°i

$$a^i = Ac(V^i) \quad (2171)$$

Coefficient de hauteur Ch^i de la cabine n°i

$$Ch^i = \frac{netage^i + 1}{netage^i + 2} \cdot Cor_{ch} \quad (2172)$$

Le facteur multiplicatif empirique Cor_{Ch} est une constante fixée à 1,1.

Rendement global de la cabine n°i

$$rg^i = rg(TechMac^i) \quad (2173)$$

Masse à vide P^i de la cabine n°i

$$P^i = deco Q^i \quad (2174)$$

Masse G^i du contrepoids de la cabine n°i

$$G^i = P^i + Cp^i \cdot Q^i \quad (2175)$$

Masse d'inertie Mi^i associée à la cabine n°i

$$Mi^i = \alpha(TechMac^i) \cdot (G^i + P^i) \quad (2176)$$

Durée $Tmob^i$ de mobilité annuelle et durée de mobilité en moyenne par jour $Tmobh^i$ de la cabine n°i

$$Tmob^i = \left(\frac{Ch^i \cdot H^i}{V^i} + \frac{V^i}{a^i} \right) \cdot Ndem^i \quad (2177)$$

Et la durée de mobilité en moyenne par jour en heure :

$$T_{mobh}^i = \frac{T_{mob}^i}{365 \times 3600} \quad (2178)$$

Durée T_{immob}^i d'immobilité annuelle de la cabine n°i (en secondes)

$$T_{immob}^i = 24 \cdot 365 \cdot 3600 - T_{mobh}^i \quad (2179)$$

Durée $T_{immob_j}^i$ et $T_{immob_n}^i$ d'immobilité annuelle de jour et de nuit de la cabine n°i (en secondes)

Pour les zones de typologie n°z = habitation (exclusivement), la constante T_{immob_n} est définie comme suit :

$$T_{immob_n_{z=habitation}} = 8 \cdot 365 \cdot 3600 \quad (2180)$$

Pour toutes les zones n°z qui ne sont pas des zones d'habitation :

$$T_{immob_n_{z=pas\ habitation}} = (12 \cdot 365 + 52 \cdot 48 + 9 \cdot 24) \cdot 3600 \quad (2181)$$

Pour les ascenseurs desservants un ensemble de zones, la durée d'immobilité moyenne durant la nuit $T_{immob_n}^i$ est calculée comme suit :

$$T_{immob_n}^i = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} \cdot T_{immob_n_z} \quad (2182)$$

Et dans tous les cas, la durée d'immobilité moyenne durant la journée $T_{immob_j}^i$ est ainsi calculée :

$$T_{immob_j}^i = \max[0, T_{immob}^i - T_{immob_n}^i] \quad (2183)$$

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, $F^i(X)$ (masse de la cabine vide P^i plus masse de la charge Q^i) :

$$F^i(X) = P^i + X \cdot Q^i \quad (2184)$$

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 :

$$\begin{aligned} Emoybas(X, Z) = & \max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \\ & + \max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) + (G - F(X)) \cdot g \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) \right] \\ & + \max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \end{aligned} \quad (2185)$$

- l'énergie pour un trajet montant de distance totale Z avec la charge X dans la cabine :

$$\begin{aligned}
Emoyhaut(X, Z) = & Max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \\
& + Max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) - (G - F(X)) \cdot g \cdot \left(z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) \right] \\
& + Max \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right]
\end{aligned} \quad (2186)$$

Ces deux fonctions permettent le calcul de $Emoy^i$ (pour le trajet aller-retour moyen annuel résultant d'un usage suivant le spectre de charge S) ci-dessous :

$$\begin{aligned}
Emoy^i &= \frac{\sum_{X=0,0.25,0.50,0.75,1.0} [S(haut, X) \cdot Emoyhaut^i(X, Ch^i \cdot H^i) + S(bas, X) \cdot Emoybas^i(X, Ch^i \cdot H^i)]}{rg^i} \quad (2187)
\end{aligned}$$

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 :

$$Etm^i = (Emoy^i \cdot Cor_Emobcab \cdot Ndem^i / 2 + Eporte \cdot Ndem^i + Pti^i \cdot Tmob^i) / 3600 \quad (2188)$$

On calcule ensuite Eti^i , consommation annuelle totale en période d'immobilité de la cabine (en Wh), à partir de la relation suivante :

$$\begin{aligned}
Eti^i = & dP1^i \cdot MIN \left[1, \frac{T1^i}{\frac{Timmob_j^i}{Ndem^i}} \right] / 3600 + dP2^i \cdot MIN \left[1, \frac{T1^i + T2^i}{\frac{Timmob_j^i}{Ndem^i}} \right] / 3600 \\
& + (Pti^i - dP1^i - dP2^i) \cdot Timmob_j^i / 3600 \\
& + dP1^i \cdot MIN \left[1, \frac{T1^i}{\frac{Timmob_n^i}{365}} \right] / 3600 + dP2^i \cdot MIN \left[1, \frac{T1^i + T2^i}{\frac{Timmob_n^i}{365}} \right] / 3600 \\
& + (Pti^i - dP1^i - dP2^i) \cdot Timmob_n^i / 3600
\end{aligned} \quad (2189)$$

La consommation annuelle totale de la cabine est la somme des consommations en période de mobilité et d'immobilité :

$$Etot^i = Etm^i + Eti^i \quad (2190)$$

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 :

$$U^i = \left(\sum_{z=1}^{nb \text{ de zone } Z} C(i, z) \cdot \frac{Q_i}{Q_z} \cdot U_z \right) \quad (2191)$$

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 :

$$F_{mob}^i(h) = \frac{U^i(h)}{\sum_t U^i(h)} \quad (2192)$$

L'indicatrice horaire d'immobilité est définie pour chaque pas de temps horaire h comme suit :

$$F_{imob}^i(h) = \frac{\frac{1}{365 \cdot T_{mobh}^i} - F_{mob}^i(h)}{\frac{1}{T_{mobh}^i} - 1} \quad (2193)$$

Calcul de la puissance active horaire de l'ascenseur n°i

La puissance active horaire de l'ascenseur n°i vaut :

$$P_{cab}^i(h) = F_{imob}^i(h) \cdot E_{ti}^i + F_{mob}^i(h) \cdot E_{tm}^i \quad (2194)$$

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 :

$$P_{cab_z}(h) = \left(\sum_{\text{toutes les cabines } i} P_{cab}^i(h) \frac{C(i,z) \cdot Q_z}{\sum_{\text{toutes les zones } j} C(i,j) \cdot Q_j} \right) \quad (2195)$$

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 :

$$W_{ef_ascenseurs}^z(h) = P_{cab_z}(h) \cdot 1h \quad (2196)$$

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 des d'escalators dans un bâtiment.

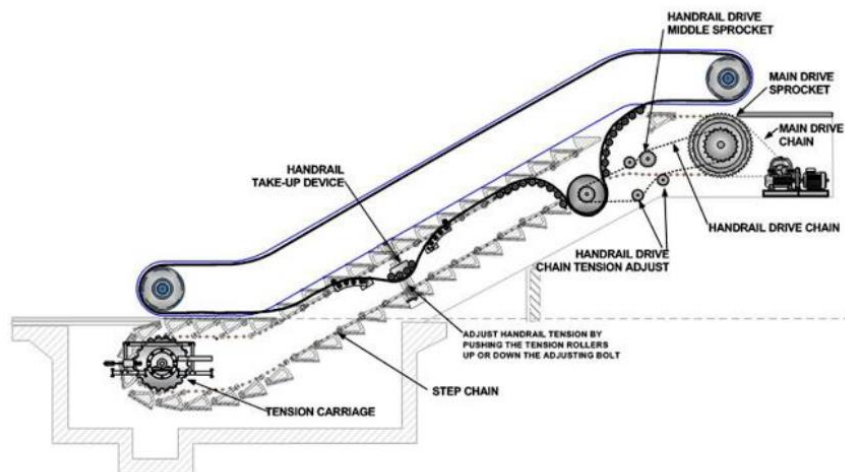


Figure 199 : Schéma d'un escalator (escalier mécanique)

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 passagers 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.

C_EIN_Scénarios conventionnels

Entrées du composant					
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	<p>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></p>	W	0	$+\infty$	
Pnoload_m	<p>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></p>	W	0	$+\infty$	
Pnoload_d	<p>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></p>	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 306 : 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 propose 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

$B_v(k)$ est un tableau définit explicitement ci-dessous dans la seconde colonne, où k repère la typologie d'usage au sens de Th-BCE, laquelle est explicitée dans la première colonne.

Usage de la zone, k	$B_v(k)$
Logement collectif	1582,4
Bureaux	1731,9
Commerce magasin zone commerciale	4158
Crèche / Garderie	924
Enseignement primaire	804
Enseignement secondaire jour	1206
Enseignement secondaire nuit	804
Enseignement universitaire	1608
Foyer jeune travailleur	980
Cité universitaire	804
Établissement sanitaire avec hébergement	2190
Établissement sportif scolaire	402
Établissement sportif municipal et privé	2680
Hôpital partie jour	4380
Hôpital partie nuit	2920
Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	2920
Hôtel 2* (partie nuit)	2920
Hôtel 0*, 1* et 2* (partie nuit)	2920
Hôtel 3*, 4* et 5* (partie nuit)	2920
Hôtel 3* (partie nuit)	2920
Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	2920
Industrie – 3×8h	2190
Industrie – 8h à 18h	1040
Restaurant 1 repas/jour	510
Restaurant scolaire 1 repas/jour 5 jours/7	402
Restaurant 2 repas/jour 6 jours/7	1248
Restaurant 1 repas/jour 5 jours/7	1460
Restaurant scolaire 3 repas/jour 5 jours/7	1206
Restaurant continu	2190
Transport aérogare	7665

Tribunal	520
----------	-----

Tableau 307 : Besoin de voyages Bv par an, par personne et par usage de bâtiment en fonction de l'usage de la zone

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 308 : Rendements globaux marginaux à la charge r_m (en montée) et r_d (en descente) des escalators

Tableau Uk 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 Vnom, Pstandby, Pautostart, Pslowspeed, Pnoload, 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 :

$$P_{esc}(\text{monte, sous charge } M) = P_{noload} + M \cdot g \cdot \sin(\theta) \cdot V_{nom} / r_m \quad (2197)$$

10.2.3.4.2 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 Pslowspeed définie dans la nomenclature, ce qui nous donne la puissance de demande électrique en montée suivante :

$$P_{esc}(\text{monte, sous charge } M) = P_{slowspeed} + M \cdot g \cdot \sin(\theta) \cdot V_{nom} / r_m \quad (2198)$$

10.2.3.4.3 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 perçus 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 :

$$P_{esc} (\text{descend, sous charge } M) = \text{Max} (0, P_{nload} - M.g.\sin (\theta). \quad (2199)$$

$$V_{nom} \cdot r_d).$$

10.2.3.4.4 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 Pslowspeed définie dans la nomenclature, ce qui nous donne la puissance de demande électrique en descente suivante :

$$P_{esc} (\text{descend, sous charge } M) = \text{Max} (0, P_{slowspeed} - M.g.\sin (\theta). \quad (2200)$$

$$V_{nom} \cdot r_d).$$

10.2.3.4.5 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 pose 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.

NB : s'il n'y a pas d'escalator de descente il faut corriger cela en supprimant les termes ci-après associés à la descente.

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°z :

$$NB_z = \text{Max}_{\text{année}} (\sum_{l=1}^{nb \text{ locaux dans zone } Z} N_{occ}^l) \quad (2201)$$

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 :

$$BV_z = BV(k) \quad (2202)$$

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 :

$$BVNB = \sum_z C(z) \cdot BV_z \cdot NB_z \quad (2203)$$

D'où le calcul de la masse totale à transporter sur l'année pour l'ensemble des escalators :

$$M = M_{pass} \cdot BVNB \quad (2204)$$

Ainsi, on en déduit le calcul de la masse totale à transporter sur un pas de temps horaire pour l'ensemble des escalators :

$$M_h = M / 8760 \quad (2205)$$

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 Pnoload ou à Pstartup ou à Pstandby telle que définie §10.2.2. **C'est pourquoi nous recommandons de présenter une valeur par défaut identique à Pnoload dans l'idée d'encourager le concepteur du bâtiment à penser la gestion énergétique des escalators en dehors des périodes de fermeture.**

- 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 de 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 :

$$T(h) = \left(\sum_z C(z) \cdot BV_z \cdot NB_z \cdot U_z(h) \right) / \left(\sum_{z,h} C(z) \cdot BV_z \cdot NB_z \cdot U_z(h) \right) \quad (2206)$$

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 Pesc(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 :

$$Pesc(h) = Pesc_m(M_h.T(h), H_m/r_m) + Pesc_d(M_h.T(h), H_d.r_d) \quad (2207)$$

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 scénario de mise en veille est connu (Scveille = 1), la demande électrique horaire des escalators du bâtiment est la suivante :

$$Pesc(h) = Pstandby \quad (2208)$$

Si le scénario de mise en veille n'est pas connu (Scveille = 0), la demande électrique horaire des escalators du bâtiment est la suivante :

$$Pesc(h) = Pstandby_default = 88 \text{ W} \quad (2209)$$

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 propose une partition, conventionnelle, au prorata des besoins de voyage de chaque zone :

$$Pesc_z(h) = \left(Pesc(h) \frac{C(z).NBV_z}{\sum_{toutes\ les\ zones\ j} C(j).NBV_j} \right) \quad (2210)$$

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 :

$$Pesc(h) = P_{noload} \quad (2211)$$

La consommation devient indépendante du trafic dans le cadre de cette modélisation.

Version du 04/08/20

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 309 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 ch et de froid	$\Phi_{aux_vc}^{ds}(h)$	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

Valeurs de répartition flux convectifs et radiatifs	Nom	Description	Uni	Min	Max	Conv.
	$Part_{recup_vent_loc}$	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
	$Part_{conv_vent_loc}$	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

Par groupe	Nom	Description	Unité
	$\Phi_{recup_conv}^{gr}(h)$	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 309 : 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 ($Part_{recup_vent_loc} = 100\%$) :

$$\phi_{vent_loc_recup}^{gr}(h) = Part_{recup_vent_loc} \times (\phi_{vent_loc_vc}^{gr}(h) + \phi_{th-BA-vc}^{gr}(h)) \quad (2212)$$

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. ($Part_{recup_dgr_chfr} = 100\%$, $Part_{recup_dgr_ECS} = 60\%$).

$$\phi_{pertes_dgr_recup}^{gr}(h) = Part_{recup_dgr_chfr} \times \sum_{ds \in gr} \phi_{pertes_vc}^{ds}(h) \quad (2213)$$

$$\phi_{pertes_dgr_e_recup}^{gr}(h) = Part_{recup_dist_ECS} \times \sum_{ds-e \in gr} \phi_{pertes_vc_2nd_e}^{ds-e}(h) \quad (2214)$$

Le flux issus des circulateurs de chauffage et de refroidissement est considéré récupérable à 60%.

$$\phi_{aux_dgr_recup}^{gr}(h) = Part_{recup_circ_chfr} \times \sum_{ds \in gr} \phi_{aux_vc}^{ds}(h) \quad (2215)$$

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%.

$$\phi_{pertes_sto_dec_recup}^{gr}(h) = Part_{recup_dec_ECS} \times \sum_{sto \in gr} \phi_{dec_vc}^{sto}(h) \quad (2216)$$

$$\phi_{pertes_gnr_dec_recup}^{gr}(h) = Part_{recup_dec_ECS} \times \sum_{sto \in gr} \phi_{dec_vc}^{gnr}(h)$$

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%.

$$\begin{aligned} \phi_{aux_d_int_gr_recup}^{gr}(h) &= Part_{recup_circ_chfr} \times \sum_{dp \rightarrow gr} (Rat_{surf}^{dp,gr} \cdot \phi_{aux_vc}^{dp}(h)) \\ \phi_{pertes_d_int_gr_recup}^{gr}(h) &= Part_{recup_d_int_gr_chfr} \times \sum_{dp \rightarrow gr} (Rat_{surf}^{dp,gr} \cdot \phi_{pertes_vc}^{dp}(h)) \end{aligned} \quad (2217)$$

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".

Version du 04/08/20

12.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 310 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 310 : Nomenclature des différentes variables du modèle

12.1.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

L'organisation de l'installation PV est la suivante :

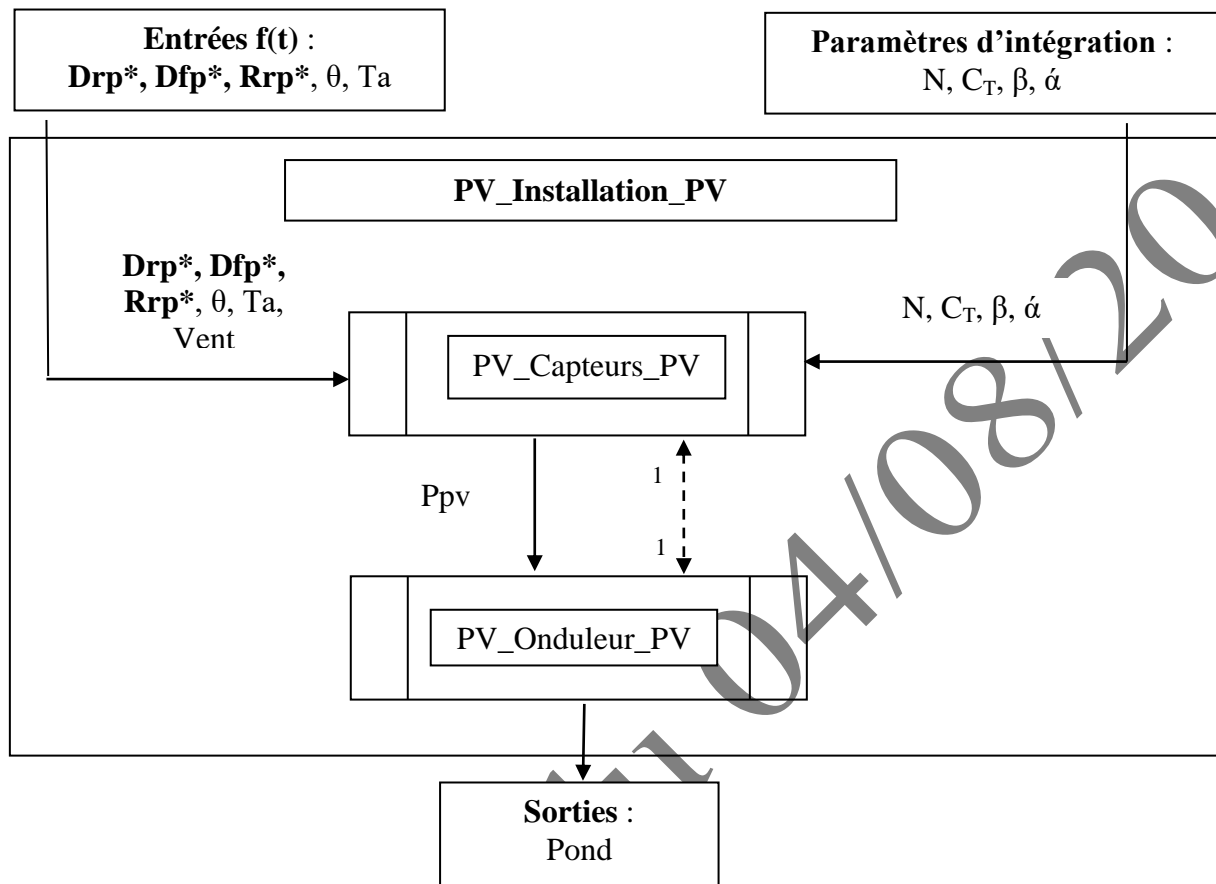


Figure 200 – schéma de l'organisation de l'installation photovoltaïques

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.

Version du 04/08/20

12.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 311 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 311 : Nomenclature des différentes variables du modèle

12.2.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

L'organisation de l'installation globale PV est la suivante :

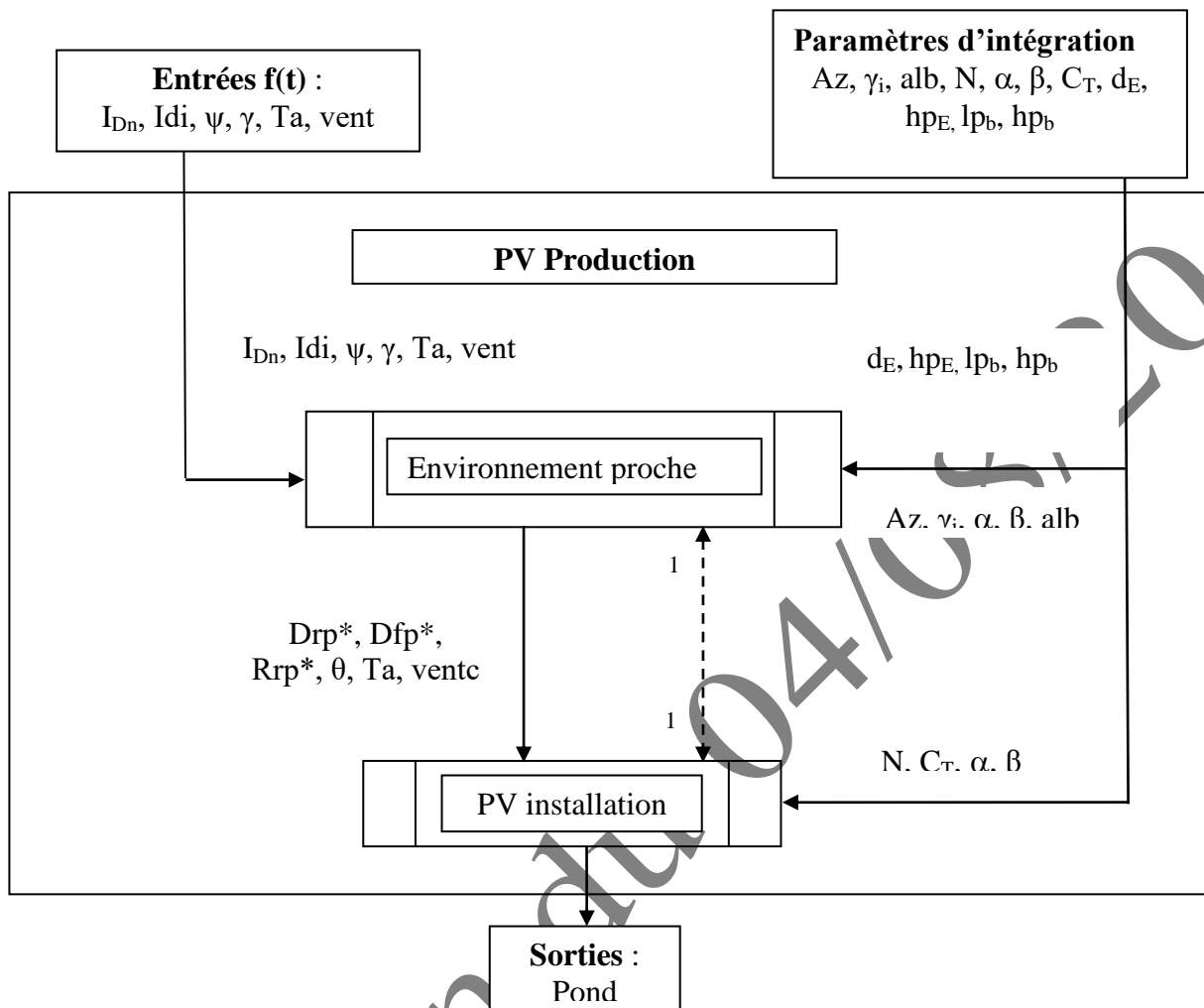


Figure 201 – schéma de l'organisation de l'installation photovoltaïques

12.3 **C 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".

Version du 04/08/20

12.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 312 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 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	Entier	0	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
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 314
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
ΔT _{c,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 (<i>au point de puissance maximum sur la caractéristique U-I</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 312 : Nomenclature des différentes variables du modèle

Version du 04/08/20

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 313 : 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 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,

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.

$(1,20 \cdot \mu_{\text{util_min}})$

$(1,20 \cdot \text{NOCT}_{\text{util_min}})$

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 :

	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 314 : 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

$$\eta_{STC} = P_c / (S \cdot 1000) \quad (2223)$$

Le capteur photovoltaïque est caractérisé par ses coefficients d'échange thermiques U_1 et U_2 avec l'air ambiant et avec la voûte céleste, qui sont tous deux fixés conventionnellement :

$$U_1 = \frac{1}{C_t} \cdot \left[\frac{\tau_a \cdot 800}{(NOCT - 20)} - \frac{Fr \cdot U_2 \cdot (NOCT - \Delta T_c, r - 20)}{(NOCT - 20)} \right] \quad (2224)$$

$$U_2 = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (2225)$$

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 :

$$Fr = \frac{1 + \cos(30^\circ)}{2} \quad (2226)$$

On définit également l'équivalent de Fr , mais pour l'inclinaison réelle du capteur β :

$$F = \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \quad (2227)$$

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} :

$$P_{PV} = P_{mpp}(G, T_m) \cdot N \cdot F_m \quad (2228)$$

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 :

$$P_{mpp}(G, T_m) = P_c \cdot \frac{G}{1000} \cdot \text{Max} \left(0, 1 + \Gamma \cdot \text{Ln} \left(\frac{\text{Max}(110^{-4}, G)}{1000} \right) \right) \cdot (1 - \mu(T_m - 25)) \quad (2229)$$

Définition de la température du module T_m :

La température du module calculée comme suit :

$$T_m = \frac{U1.T_{ext}}{U1 + F.U2} + \frac{F.U2.T_{ciel}}{U1 + F.U2} + \frac{G.(\tau\alpha - \eta_{STC})}{U1 + F.U2} \quad (2230)$$

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) :

$Fopt(x)$, [.]: $Fopt(x) = 1 - 0.05. \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{MIN(87,x) - \frac{\pi}{180}}{-1}\right)} \right)$: 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".

Version du 04/08/20

12.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 315 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 315 : 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 :

$$P_{OND} = P_{PV} \cdot \eta_{OND} \left[\frac{P_{PV}}{P_{ACNOM}} \right] \cdot LIM \left(\frac{P_{PV}}{P_{ACNOM}} \right) \quad (2231)$$

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,Pc) 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 :

$LIM = 0$ si $P_{PV} > 1.15 P_{ACNOM}$

$LIM = 1$ sinon.

13. Calcul des indicateurs soumis à un seuil

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 316 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
Ventilation spécifi. Débits d'air	$qv_{spec,rep}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris et soufflé par l'ensemble bouche-conduit conventionnel g,s du groupe gr	m ³ /h
	$qv_{spec,sou}^{g,s}(h)$		
	$qv_{def,entr}^{g,s}(h)$	Débits d'air entrant et sortant dans le groupe gr via les défauts d'étanchéités	m ³ /h
	$qv_{def,sort}^{g,s}(h)$		

$qV_{EA,entr}^{g,s}(h)$
 $qV_{EA,sort}^{g,s}(h)$

Débits d'air entrant et sortant dans le groupe gr via les entrées d'air

m^3/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/(m².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/(m².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/(m².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/(m².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/(m².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/(m².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 316 : Nomenclature du modèle

Version du 04/08/20

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 réglementaire dans le cas contraire :

$$\text{Si } Usage^{gr} = 1 \text{ ou } 2 \\ SREF^{gr} = SHAB^{gr} \quad (2232)$$

$$\text{Sinon} \\ SREF^{gr} = SU^{gr} \quad (2233)$$

Pour chaque zone ou bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des groupes inclus dans cette zone :

$$SREF^{zn} = \sum_{gr \in zn} SREF^{gr} \quad (2234)$$

Pour chaque bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des zones incluses dans ce bâtiment :

$$SREF^{bat} = \sum_{zn \in bat} SREF^{zn} \quad (2235)$$

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 :

$$B_Ch_mois^{gr} = \frac{\sum_{h \in mois} Q_{sys_ch}^{gr}(h)}{SREF^{gr}} \quad (2236)$$

$$B_Fr_mois^{gr} = \frac{\sum_{h \in mois} Q_{sys_fr}^{gr}(h)}{SREF^{gr}} \quad (2237)$$

$$B_Ecl_mois^{gr} = \frac{\sum_{h \in mois} C_{ECL}^{gr}(h)}{SREF^{gr}} \quad (2238)$$

Les besoins annuels s'obtiennent par sommation des besoins mensuels :

$$B_Ch_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} B_Ch_mois^{gr} \quad (2239)$$

$$B_Fr_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} B_Fr_mois^{gr} \quad (2240)$$

$$B_Ecl_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} B_Ecl_mois^{gr} \quad (2241)$$

Enfin, le besoin bioclimatique est calculé de la façon suivante :

$$Bbio_pts_mois_m^{gr} = \alpha_1 \cdot B_Ch_annuel^{gr} + \alpha_2 \cdot B_Fr_annuel^{gr} + \beta \cdot B_Ecl_annuel^{gr} \quad (2242)$$

$$Bbio_pts_annuel^{gr} = \sum_{mois=1}^{12} Bbio_pts_mois_m^{gr} \quad (2243)$$

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

$$\begin{aligned} S_{CE1}^{zn} &= \sum_{\substack{gr \in zn \\ Categorie_CE1_CE2^{gr}=1}} SREF^{gr} \\ S_{CE2}^{zn} &= \sum_{\substack{gr \in zn \\ Categorie_CE1_CE2^{gr}=2}} SREF^{gr} \end{aligned} \quad (2244)$$

13.1.3.3 Calculs des surfaces d'enveloppe cumulées de chaque zone

Surface totale des parois opaques de la zone :

$$\begin{aligned} A_{op}^z &= \sum_{gr} A_{op}^{gr} \\ A_{opv_surf}^z &= \frac{A_{opv}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2245)$$

Surface totale des parois opaques verticales

$$\begin{aligned} A_{opv}^z &= \sum_{gr} A_{opv}^{gr} \\ A_{opv_surf}^z &= \frac{A_{opv}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2246)$$

Surface totale des planchers hauts :

$$\begin{aligned} A_{ophh}^z &= \sum_{gr} A_{ophh}^{gr} \\ A_{ophh_surf}^z &= \frac{A_{ophh}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2247)$$

Surface totale des planchers bas :

$$\begin{aligned} A_{ophb}^z &= \sum_{gr} A_{ophb}^{gr} \\ A_{ophb_surf}^z &= \frac{A_{ophb}^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2248)$$

Surface totale des parois déperditives (baies comprises):

$$\begin{aligned} A_T^{gr} &= A_{op}^{gr} + A_{baies-v}^{gr} + A_{baies-h}^{gr} \\ A_T^z &= \sum_{gr} A_T^{gr} \\ A_{T_surf}^z &= \frac{A_T^z}{SREF^{zn}} \end{aligned} \quad (2249)$$

Surface totale des parois participant à la perméabilité de l'enveloppe (soit la surface déperditive hors plancher bas) :

$$A_{T,perm}^{gr} = A_{ophh}^{gr} + A_{opv}^{gr} + A_{baies-v}^{gr} + A_{baies-h}^{gr}$$

$$A_{T,perm}^z = \sum_{gr} A_{T,perm}^{gr} \quad (2250)$$

$$A_{T,perm_surf}^z = \frac{A_{T,perm}^z}{SREF^{zn}}$$

Surface de baie totale de la zone :

$$A_{baies}^{zn} = \sum_{gr} A_{baies}^{gr}$$

$$A_{baies_surf}^{zn} = \frac{A_{baies}^{zn}}{SREF^{zn}} \quad (2251)$$

Proportions de baies pour chaque orientation et horizontale :

$$Part_{baies_sud}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-sud}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2252)$$

$$Part_{baies_nord}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-nord}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2253)$$

$$Part_{baies_ouest}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-ouest}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2254)$$

$$Part_{baies_est}^{zn} = \frac{\sum_{gr} A_{baies-est}^{gr}}{A_{baies}^{zn}} \quad (2255)$$

Longueur totale de ponts thermiques :

$$L_{PT}^{zn} = \sum_{gr} l_{PT}^{gr}$$

$$L_{PT_surf}^{zn} = \frac{L_{PT}^{zn}}{SREF^{zn}} \quad (2256)$$

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 :

$$Q_{4Pa_surf}^{zn} = \frac{1}{A_{T,perm}^{zn}} \cdot \left(\sum_{gr \in zn} Q_{4Pa_surf}^{gr} \cdot A_{T,perm}^{gr} \right) \quad (2257)$$

$$Q_{4Pa_surf}^{bat} = \frac{1}{A_{T,perm}^{bat}} \cdot \left(\sum_{zn \in bat} Q_{4Pa_surf}^{zn} \cdot A_{T,perm}^{zn} \right) \quad (2258)$$

13.1.3.5 Calculs des déperditions au niveau de la zone

Par les planchers hauts et toitures :

$$H_{th_ophh}^z = \sum_{gr} H_{th_ophh}^{gr} \quad (2259)$$

13.1.3.5.1 Par les murs verticaux :

$$H_{th_opv}^z = \sum_{gr} H_{th_opv}^{gr} \quad (2260)$$

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 :

$$Hg_{es_hiver}^z = \underset{m=1 \text{ et } 2}{moyenne} \left(\sum_{gr} Hg_{es_hiver}^{gr}(h) \right) \quad (2261)$$

13.1.3.5.3 Par les planchers bas

$$H_{th_ophb}^z = \sum_{gr} H_{th_ophb}^{gr} \quad (2262)$$

13.1.3.5.4 Par les ponts thermiques

$$H_{th_PT}^z = \sum_{gr} H_{th_PT}^{gr} \quad (2263)$$

13.1.3.5.5 Par les défauts d'étanchéité en hiver

Pour $IMOIS \leq 2$

$$H_{v_def_hiver}^z = \underset{IMOIS \leq 2}{moyenne} (H_{v_def}^z(h)) \quad (2264)$$

13.1.3.5.6 Par la ventilation spécifique Bbio en hiver

Pour $IMOIS \leq 2$

$$H_{vent_hiver}^z = \underset{IMOIS \leq 2}{moyenne} \left(\sum_{gr \in Z} H_{vent}^{gr}(h) \right) \quad (2265)$$

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 :

$$Ratio_{psi} = \frac{\sum_{gr \in bat} \psi_l * l_{PT}^{gr}}{SREF^{bat}} \quad (24)$$

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 :

$$\begin{aligned}\overline{Q_{v,def,entr}^g} &= moyenne(Q_{v,def,entr}^g(\Delta P)) \\ \overline{Q_{v,def,sort}^g} &= moyenne(Q_{v,def,sort}^g(\Delta P))\end{aligned}\quad (2266)$$

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 :

$$\begin{aligned}\overline{Q_{v,EA,entr}^g} &= moyenne(Q_{v,EA,entr}^g(\Delta P)) \\ \overline{Q_{v,EA,sort}^g} &= moyenne(Q_{v,EA,sort}^g(\Delta P))\end{aligned}\quad (2267)$$

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 ($i_{occzone}=1$).

$$\begin{aligned}\overline{Q_{v,spec,entr}^g} &= moyenne\left(\sum_s q_{spec_souffle}^{g,s}\right) \\ \overline{Q_{v,spec,sort}^g} &= moyenne\left(\sum_s q_{spec_repris}^{g,s}\right)\end{aligned}\quad (2268)$$

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,

Version du 04/08/20

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 317 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
$E_{elec-prod-coge}^{zn}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)$	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 photovoltaïques 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
$W_{elec-tous_usages_IMP}^{bat}(h)$ $W_{elec-tous_usages_IMP}^{zn}(h)$	Quantités d'énergie électriques importées tous postes confondus pour le bâtiment bat / la zone zn	Wh

	O_Type_Reseau ^{bat}	Type de réseau urbain connecté au bâtiment, et ratios	Menu
	O_RatENR_rdch ^{bat}	d'énergie renouvelables de ce réseau pour le	0-1
	O_RatENR_rdf ^{bat}	chauffage et/ou pour le refroidissement	0-1
	Type_Combustible_Bois ^{gnr}	Type de combustible bois associé au générateur gnr :	
		- Bûche, - Plaque, - Granulés	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 "Batiment"			
	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	Menu
	O_RatENR_rdch	d'énergie renouvelables de ce réseau pour le	0-1
	O_RatENR_rdf	chauffage et/ou pour le refroidissement	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	kWh ^{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Eef_Prod_Coge_annuel	cogénération attribuées au bâtiment	
Indicateurs Annuels	O_TAC_elec_annuel	Taux d'autoconsommation annuels du bâtiment par rapport à la production totale d'électricité / à la	
	O_TAC_elec_PV_annuel	production par les installations photovoltaïques / à la	%
	O_TAC_elec_Coge_annuel	production par les modules de cogénération (comprise entre 0 et 100)	
	O_Eef_Elec_Exportee_annuel	Quantité finale d'énergie électrique exportée par le bâtiment	kWh ^{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie du bâtiment	kWh ^{ef} .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	kWh ^{ef} .m ⁻² .an ⁻¹

Indicateurs mensuels	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
	O_Eef_Prod_PV_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération attribuées au bâtiment	kWh _{ef} .m ⁻²
	O_Eef_Prod_PV_AC_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération autoconsommées au niveau du bâtiment	kWh _{ef} .m ⁻²
	O_Eef_Prod_Coge_mois		
	O_Eef_Elec_Exportee_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité exportée par le bâtiment	kWh _{ef} .m ⁻²
Besoins	O_B_Ch_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_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 du bâtiment	kWh.m ⁻²
	O_B_Fr_mois		
	O_B_Ecs_mois		
Niveau « Zone »			
Indicateurs annuels	SREF ^{zn}		
	SHAB ^{zn}	Surface de référence, SHAB et SU de la zone	m ²
	SU ^{zn}		
	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)	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
Indicateurs annuels	O_Cep_annuel	Consommation annuelle totale en énergie primaire de la zone 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 de la zone 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 de la zone basée sur la somme des quantités d'énergie importées (hors usages mobiliers)	kWh _{ep} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par poste de consommation de la zone	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_[energie]_imp_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie de la zone	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
Indicateurs annuels	O_Cef_imp_[poste]_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles importées par type d'énergie et par poste de la zone	kWh _{ef} .m ⁻²

Indicateurs mensuels	O_Cef_imp_ch_boisbuchpo el_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisbuchp oel_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisplaqpo el_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_boisplaq oel_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisgranpo el_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisgranp oel_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisbuchch aud_annuel		
	O_Cef_imp_ecs_boisbuchc haud_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisplaqch aud_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_boisplaqc haud_annuel		
	O_Cef_imp_ch_boisgranch aud_annuel		
Besoins	O_Cef_imp_ecs_boisgranc haud_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		
	O_Eef_Elec_Exportee_ann uel	Quantité finale d'énergie électrique exportée par la zone	kWhef.m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_imp_[poste] [energi e]_mois	Quantités d'énergie finale mensuelles importées par type d'énergie et par poste de la zone	kWhef.m ⁻²
	O_Eef_Prod_PV_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération attribuées à la zone	kWhef.m ⁻²
	O_Eef_Prod_Coge_mois		
	O_Eef_Prod_PV_AC_mois	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité des installations photovoltaïques/par les modules de cogénération autoconsommées au niveau de la zone	kWhef.m ⁻²
	O_Eef_Prod_Coge_AC_mo is		
	O_Eef_Elec_Exportee_moi s	Productions mensuelles en énergie finale d'électricité exportée par la zone	kWhef.m ⁻²
	O_B_Ch_annuel	Besoins annuels en énergie de chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire aux bornes des émetteurs de la zone	kWh.m ⁻² .an ⁻¹
	O_B_Fr_annuel		
	O_B_Ecs_annuel		
	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
	O_B_Fr_mois		
	O_B_Ecs_mois		

Niveau « Groupe »

Indicateurs annuels	SREF ^{gr} SHAB ^{gr} SU ^{gr}	Surface de référence, SHAB et SU du groupe	m ²
	O_Cef_annuel	Consommation annuelle totale en énergie finale du groupe (hors usages mobiliers et déplacement)	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cep_annuel	Consommation annuelle totale en énergie primaire du groupe (hors usages mobiliers et déplacement)	kWh _{ep} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_[poste]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles consommées par poste du groupe	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_[poste]_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles consommées par type d'énergie et par poste du groupe	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_[energie]_annuel	Quantités d'énergie finale annuelles consommées par type d'énergie du groupe	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	O_Cef_[poste]_mois	Quantités d'énergie finale mensuelles consommées par poste du groupe	kWh _{ef} .m ⁻² .an ⁻¹
	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 de la zone	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 de la zone	kWh.m ⁻²
	Constantes		
Nom			Unité
	CoefEP _[energie]	Coefficients de conversion en énergie primaire totale correspondant aux différents types d'énergie	Réel
	CoefEPnr _[energie]	Coefficients de conversion en énergie primaire non-renouvelable correspondant aux différents types d'énergie	Réel

Tableau 317 : Nomenclature du modèle

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
Gaz naturel	1	1
Fioul	1	1
Bois	1	0
Electricité	2,3	2,3
Réseau urbain (chauffage)	1	1 - O_RatENR_rdch ^{bat}
Réseau urbain (froid)	1	1

Tableau 318 : 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.

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 :

$$\text{Si Usage}^{gr} = 1 \text{ ou } 2 \\ SREF^{gr} = SHAB^{gr} \quad (2269)$$

$$\text{Sinon} \\ SREF^{gr} = SU^{gr} \quad (2270)$$

Pour chaque zone ou bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des groupes inclus dans cette zone :

$$SREF^{zn} = \sum_{gr \in zn} SREF^{gr} \quad (2271)$$

Pour chaque bâtiment, la surface de référence est la somme des surfaces de référence des zones incluses dans ce bâtiment :

$$SREF^{bat} = \sum_{zn \in bat} SREF^{zn} \quad (2272)$$

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. Seuls les six premiers usages sont calculés.

13.2.3.3.1 Résultats mensuels

Consommations par poste :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS :

$$O_Cef_ [poste]_{mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [\Sigma_{energie} (Q_{cef[poste;energie]}^{gr}(h))]}{SREF^{gr}} \quad (2273)$$

- pour les autres postes du groupe (ne consommant que de l'électricité), éclairage, auxiliaires de ventilation et auxiliaires de distribution :

$$O_Cef_ [poste]_{mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-cons[poste]}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2274)$$

Besoins en énergie :

$$O_B_Ch_{mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{req-ch}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2275)$$

$$O_B_Fr_{mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{req-fr}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2276)$$

$$O_B_Ecs_{mois} = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{w,brut}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2277)$$

13.2.3.3.2 Résultats annuels

Consommations poste et par énergie :

- pour les postes chauffage, refroidissement et ECS :

$$O_Cef_ [poste]_{[energie]_{annee}} = \frac{\sum_h (Q_{cef[poste;energie]}^{gr}(h))}{SREF^{gr}} \quad (2278)$$

- pour les autres postes du groupe (purement électrique), éclairage, auxiliaires de ventilation et auxiliaires de distribution :

$$O_Cef_ [poste]_{elec_{annee}} = \frac{\sum_h [W_{elec-cons[poste]}^{gr}(h)]}{SREF^{gr}} \quad (2279)$$

Consommations par poste :

$$O_Cef_ [poste]_{annee} = \sum_{mois} [O_Cef_ [poste]_{mois}] \quad (2280)$$

Consommations par énergie :

$$O_Cef_ [energie]_{annee} = \sum_{poste} [O_Cef_ [poste]_{[energie]_{annee}}] \quad (2281)$$

Coefficient Cef et Cep :

$$O_Cef_{annee} = \sum_{energie} O_Cef_ [energie]_{annee} \quad (2282)$$

$$O_Cep_{annee} = \sum_{energie} [O_Cef_ [energie]_{annee} \times CoefEP[energie]] \quad (2283)$$

Besoins en énergie :

$$O_B_Ch_{annee} = \sum_{mois} [O_B_Ch_{mois}] \quad (2284)$$

$$O_B_Fr_{annee} = \sum_{mois} [O_B_Fr_{mois}] \quad (2285)$$

$$O_B_Ecs_annuel = \sum_{mois} [O_B_Ecs_mois] \quad (2286)$$

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 :

$$O_Cef_imp_ [poste] _ [energie] _ mois = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{cef}^{zn} [poste; energie] (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2287)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O_Cef_imp_ [poste] _ elec _ mois = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-imp}^{zn} [poste] (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2288)$$

$$O_Cef_cons_ [poste] _ elec _ mois = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-cons}^{zn} [poste] (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2289)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O_Eef_prod_PV_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-pv}^{zn} (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2290)$$

$$O_Eef_prod_coge_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge}^{zn} (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2291)$$

$$O_Eef_prod_PV_AC_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-pv-ac}^{zn} (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2292)$$

$$O_Eef_prod_coge_AC_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge-ac}^{zn} (h)]}{SREF^{zn}} \quad (2293)$$

$$\begin{aligned} O_Eef_Elec_Exportee_mois \\ = O_Eef_prod_PV_mois + O_Eef_prod_coge_mois \\ - O_Eef_prod_PV_AC_mois - O_Eef_prod_coge_AC_mois \end{aligned} \quad (2294)$$

Besoins en énergie :

$$O_B_Ch_mois = \frac{\sum_{gr \in zone} [O_B_Ch_mois^{gr} \times SREF^{gr}]}{SREF^{zn}} \quad (2295)$$

$$O_B_Fr_mois = \frac{\sum_{gr \in zone} [O_B_Fr_mois^{gr} \times SREF^{gr}]}{SREF^{zn}} \quad (2296)$$

$$O_B_Ecs_mois = \frac{\sum_{gr \in zone} [O_B_Ecs_mois^{gr} \times SREF^{gr}]}{SREF^{zn}} \quad (2297)$$

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 :

$$O_Cef_imp_[poste]_[energie]_annuel = \sum_{mois} [O_Cef_imp_[poste]_[energie]_mois] \quad (2298)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O_Cef_imp_[poste]_elec_annuel = \sum_{mois} [O_Cef_imp_[poste]_elec_mois] \quad (2299)$$

$$O_Cef_cons_[poste]_elec_annuel = \sum_{mois} [O_Cef_cons_[poste]_elec_mois] \quad (2300)$$

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 $Type_Combustible_Bois^{gnr} = Bûche$:

$$O_Cef_imp_ch_boisbuchpoel_annuel = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[ch; energie]}^{gnr}(h) \quad (2301)$$

$$O_Cef_imp_ecs_boisbuchpoel_annuel = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[ecs; energie]}^{gnr}(h)$$

On détermine ainsi l'ensemble des quantités d'énergie finale importées pour chacune des configurations.

Quantités d'énergie finale importées par poste :

$$O_Cef_imp_annuel = \sum_{mois} \left[\sum_{energie} [O_Cef_imp_annuel_mois] \right] \quad (2302)$$

Quantités d'énergie finale importées par énergie:

Les quantités d'énergie finales importées par type d'énergie n'intègre pas le poste usages mobiliers :

$$O_Cef_annuel = \sum_{mois} \left[\sum_{poste \text{ hors mobilier}} [O_Cef_imp_annuel_mois] \right] \quad (2303)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O_Eef_prod_PV_annuel = \sum_{mois} [O_Eef_prod_PV_mois] \quad (2304)$$

$$O_Eef_prod_coge_annuel = \sum_{mois} [O_Eef_prod_coge_mois] \quad (2305)$$

$$O_Eef_prod_PV_AC_annuel = \sum_{mois} [O_Eef_prod_PV_AC_mois] \quad (2306)$$

$$O_Eef_prod_coge_AC_annuel = \sum_{mois} [O_Eef_prod_coge_AC_mois] \quad (2307)$$

$$O_Eef_Elec_Exportee_annuel = \sum_{mois} [O_Eef_Elec_Exportee_mois] \quad (2308)$$

Taux d'autoconsommation de la production par type de producteur :

$$O_TAC_elec_annuel = 100 \times \left(\frac{O_Eef_prod_PV_AC_annuel + O_Eef_prod_coge_AC_annuel}{O_Eef_prod_PV_annuel + O_Eef_prod_coge_annuel} \right) \quad (2309)$$

$$O_TAC_elec_PV_annuel = 100 \times \frac{O_Eef_prod_PV_AC_annuel}{O_Eef_prod_PV_annuel} \quad (2310)$$

$$O_TAC_elec_coge_annuel = 100 \times \frac{O_Eef_prod_coge_AC_annuel}{O_Eef_prod_coge_annuel} \quad (2311)$$

Coefficient Cef, Cep et Cep,nr :

$$O_Cef_annuel = \sum_{energie} O_Cef_energie_annuel \quad (2312)$$

$$O_Cep_annuel = \sum_{energie} [O_Cef_energie_annuel \times CoefEP[energie]] \quad (2313)$$

$$O_Cepnr_annuel = \sum_{energie} [O_Cef_energie_annuel \times CoefEPnr[energie]] \quad (2314)$$

Besoins en énergie :

$$O_B_Ch_annuel = \sum_{mois} [O_B_Ch_mois] \quad (2315)$$

$$O_B_Fr_annuel = \sum_{mois} [O_B_Fr_mois] \quad (2316)$$

$$O_B_Ecs_annuel = \sum_{mois} [O_B_Ecs_mois] \quad (2317)$$

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 :

$$O_Cef_imp_energie_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [Q_{cef}^{bat}[poste; energie](h)]}{SREF^{bat}} \quad (2318)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O_Cef_imp_elec_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-imp}^{bat}[poste](h)]}{SREF^{bat}} \quad (2319)$$

$$O_Cef_cons_elec_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [W_{elec-cons}^{bat}[poste](h)]}{SREF^{bat}} \quad (2320)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O_Eef_prod_PV_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-pv}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2321)$$

$$O_Eef_prod_coge_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2322)$$

$$O_Eef_prod_PV_AC_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-pv-ac}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2323)$$

$$O_Eef_prod_coge_AC_mois = \frac{\sum_{h \in mois} [E_{elec-prod-coge-ac}^{bat}(h)]}{SREF^{bat}} \quad (2324)$$

$$\begin{aligned} O_Eef_Elec_Exportee_mois \\ = O_Eef_prod_PV_mois + O_Eef_prod_coge_mois \\ - O_Eef_prod_PV_AC_mois - O_Eef_prod_coge_AC_mois \end{aligned} \quad (2325)$$

Besoins en énergie :

$$O_B_Ch_mois = \frac{\sum_{zn \in bat} [O_B_Ch_mois^{zn} \times SREF^{zn}]}{SREF^{bat}} \quad (2326)$$

$$O_B_Fr_mois = \frac{\sum_{zn \in bat} [O_B_Fr_mois^{zn} \times SREF^{zn}]}{SREF^{bat}} \quad (2327)$$

$$O_B_Ecs_mois = \frac{\sum_{zn \in bat} [O_B_Ecs_mois^{zn} \times SREF^{zn}]}{SREF^{bat}} \quad (2328)$$

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 :

$$O_Cef_imp_ [poste] _ [energie] _ annuel = \sum_{mois} [O_Cef_imp_ [poste] _ [energie] _ mois] \quad (2329)$$

- pour tous les postes, sur l'électricité:

$$O_Cef_imp_ [poste] _ elec _ annuel = \sum_{mois} [O_Cef_imp_ [poste] _ elec _ mois] \quad (2330)$$

$$O_Cef_cons_ [poste] _ elec _ annuel = \sum_{mois} [O_Cef_cons_ [poste] _ elec _ mois] \quad (2331)$$

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 :

Soit l'ensemble des générateurs d'indice gnr connectés à la zone, tels que
 $Is_Générateur_Poele^{gnr} = vrai$ et $Type_Combustible_Bois^{gnr} = Bûche$: (2332)

$$O_{Cef_imp_ch_boisbuchpoel_annuel} = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[ch; energie]}^{gnr}(h)$$

$$O_{Cef_imp_ecs_boisbuchpoel_annuel} = \sum_{gnr \rightarrow zn} Q_{cef[cecs; energie]}^{gnr}(h)$$

On détermine ainsi l'ensemble dans quantités d'énergie finale importées pour chacune des configurations.

Quantités d'énergie finale importées par poste :

$$O_{Cef_imp_[poste]_annuel} = \sum_{mois} \left[\sum_{energie} [O_{Cef_imp_[poste]_[energie]_mois}] \right] \quad (2333)$$

Quantités d'énergie finale importées par énergie:

$$O_{Cef_ [energie]_annuel} = \sum_{mois} \left[\sum_{poste \text{ hors mobilier}} [O_{Cef_imp_ [poste]_[energie]_mois}] \right] \quad (2334)$$

Production d'électricité locale totale et autoconsommée par type de producteur :

$$O_{Eef_prod_PV_annuel} = \sum_{mois} [O_{Eef_prod_PV_mois}] \quad (2335)$$

$$O_{Eef_prod_coge_annuel} = \sum_{mois} [O_{Eef_prod_coge_mois}] \quad (2336)$$

$$O_{Eef_prod_PV_AC_annuel} = \sum_{mois} [O_{Eef_prod_PV_AC_mois}] \quad (2337)$$

$$O_{Eef_prod_coge_AC_annuel} = \sum_{mois} [O_{Eef_prod_coge_AC_mois}] \quad (2338)$$

$$O_{Eef_Elec_Exportee_annuel} = \sum_{mois} [O_{Eef_Elec_Exportee_mois}] \quad (2339)$$

Taux d'autoconsommation de la production par type de producteur :

$$O_{TAC_elec_annuel} = 100 \times \left(\frac{O_{Eef_prod_PV_AC_annuel} + O_{Eef_prod_coge_AC_annuel}}{O_{Eef_prod_PV_annuel} + O_{Eef_prod_coge_annuel}} \right) \quad (2340)$$

$$O_{TAC_elec_PV_annuel} = 100 \times \frac{O_{Eef_prod_PV_AC_annuel}}{O_{Eef_prod_PV_annuel}} \quad (2341)$$

$$O_{TAC_elec_coge_annuel} = 100 \times \frac{O_{Eef_prod_coge_AC_annuel}}{O_{Eef_prod_coge_annuel}} \quad (2342)$$

Coefficient Cef, Cep et Cep,nr :

$$O_{Cef_annuel} = \sum_{energie} O_{Cef_ [energie]_annuel} \quad (2343)$$

$$O_{Cep_annuel} = \sum_{energie} [O_{Cef_ [energie]_annuel} \times CoefEP[energie]] \quad (2344)$$

$$O_{Cepnr_annuel} = \sum_{energie} [O_{Cef_ [energie]_annuel} \times CoefEPnr[energie]] \quad (2345)$$

Besoins en énergie :

$$O_{B_Ch_annuel} = \sum_{mois} [O_{B_Ch_mois}] \quad (2346)$$

$$O_{B_Fr_annuel} = \sum_{mois} [O_{B_Fr_mois}] \quad (2347)$$

$$O_{B_Ecs_annuel} = \sum_{mois} [O_{B_Ecs_mois}] \quad (2348)$$

Version du 04/08/20

13.3 C Sn Methode Th C Climatisation Fictive

13.3.1 INTRODUCTION

Ce document a pour but de décrire les modalités de prise en compte d'une climatisation fictive dans le calcul énergie de la RE2020, et également de définir des profils de climatisation fictive pour les principaux types de bâtiment : résidentiel, bureaux, enseignement. ,

Rappel du contexte :

En RE2020, il est mis en place deux seuils d'inconfort, basés sur un indicateur DegrésHeures (ou DH en °C.h), avec les règles suivantes :

- $DH > \text{Seuil haut}$: bâtiment non-règlementaire, inconfort excessif,
- $DH < \text{Seuil bas}$: bâtiment jugé suffisamment confortable, installation de climatisation a posteriori peu probable,
- $\text{Seuil bas} < DH < \text{Seuil haut}$: le critère confort est respecté, mais il est possible que l'utilisateur installe une climatisation a posteriori. Le calcul des consommations Th-C est fait en introduisant un système de climatisation fictif, qui se veut représentatif de la climatisation potentiellement installée a posteriori. Le système de climatisation fictif est paramétré conventionnellement (l'utilisateur ne peut en modifier les caractéristiques).

Remarque : selon les arbitrages finaux, si l'on se trouve dans ce dernier intervalle, il est possible qu'il soit obligatoire de prévoir des réservations pour une éventuelle climatisation a posteriori.

La méthode de mise en place de la climatisation fictive est la suivante :

Il est nécessaire de remplir plusieurs conditions spécifiques pour activer la procédure de lancement de la climatisation fictive.

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, Th-BCE et Th-BCDE),
- Au moins un des groupes définis au niveau de la zone d'un usage cité ci-dessus est non climatisé

Si toutes les conditions ci-dessus sont vérifiées, la procédure de mise en place de la climatisation fictive est lancée. Celle-ci est la suivante :

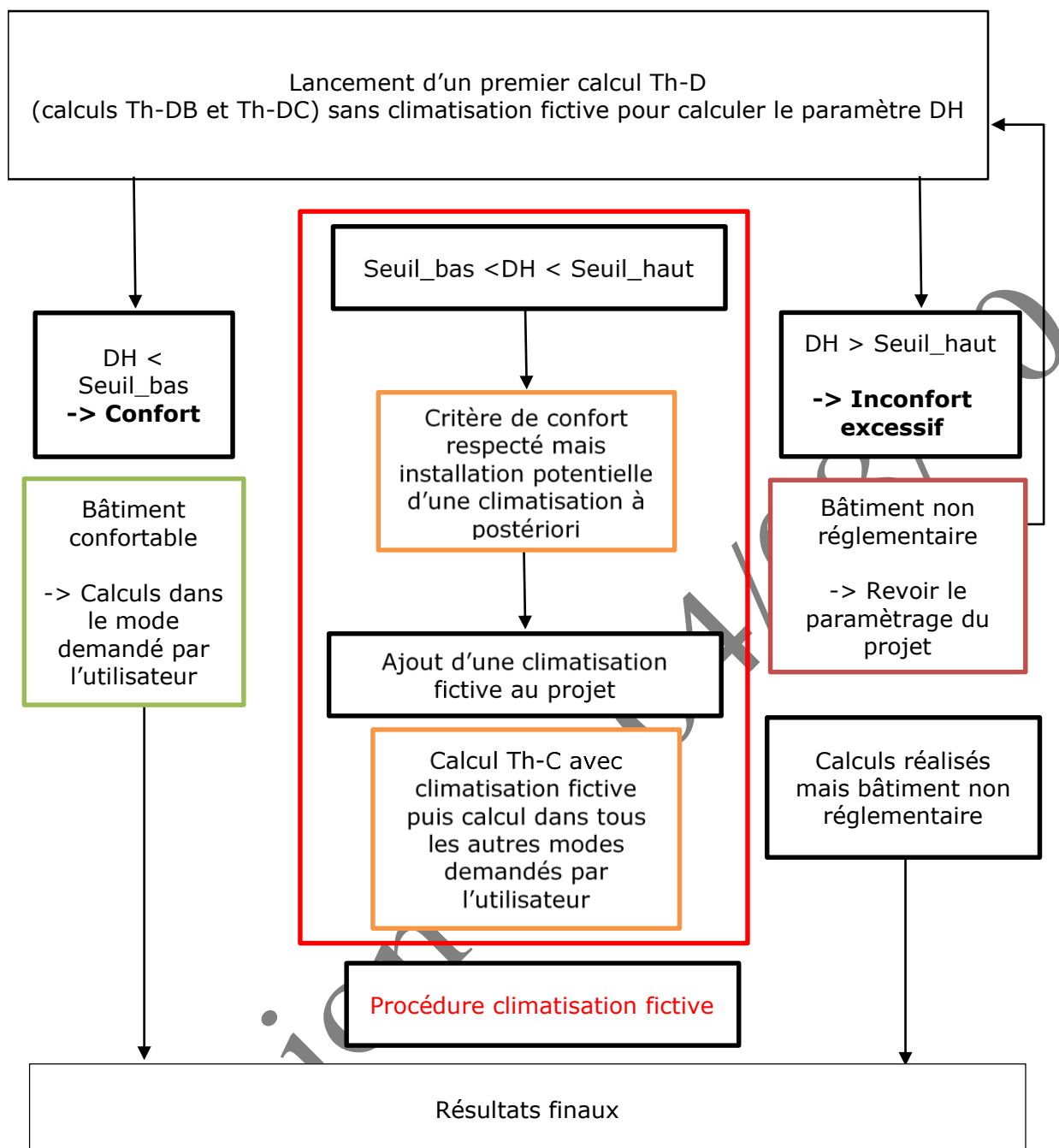


Figure 202 – schéma de principe de la procédure de climatisation fictive

Cette présente fiche est structurée autour des axes suivants :

- une liste des hypothèses de modélisation de la climatisation fictive
- une description du système adopté pour caractériser la climatisation fictive (celui-ci est identique pour chaque typologie)
- une description du scénario d'utilisation de la climatisation fictive
- une description des paramètres de performance du système choisi pour modéliser la climatisation fictive

- le choix du dimensionnement adopté pour la climatisation fictive
- un calcul de la consommation électrique de la climatisation fictive

Version du 04/08/20

13.3.3 NOMENCLATURE DU MODELE

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

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
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°z	-
Rat ^l _{loc}	Ratio de surface utile du local l/surface utile de la zone	-
Az	Surface de la zone n°z du bâtiment	m ²
Ag	Surface du groupe n°g de la zone n°z	m ²
Id_groupe	Index du groupe n°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	- 6
Données liées au générateur thermodynamique fictif modélisant la climatisation fictive		
$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C
$\theta_{aval,fr}(h)$	Températures de la source aval pour chaque poste	°C
$Q_{req,fr}(h)$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W
$R_{puis_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$P_{fou_source_amont_maxi}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu de l'EER _{pc} et des caractéristiques de l'air extrait	W
DegrésHeures (DH)	Indicateur de confort remplaçant la DIES	°C.h
Données liées à l'émission de froid		
$i_{occ_zone}(h)$	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 froid		
$Rat_{eff_fr}^{gr,em}$	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 h (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 h, à transmettre au réseau de distribution intergroupes.	Ent.
$\delta_{fonct}^{ds}(h)$	Indicateur de débit dans le réseau du groupe : <i>0 : Le réseau du groupe ne débite pas,</i> <i>1 : Le réseau du groupe débite.</i>	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

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Paramètres d'intégration					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
Variables liées à l'objet générateur thermodynamique					
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>Non-réversible (chauffage ou refroidissement)</i>	-			
Id_Fougen_Mod	Pour Cat_Thermo_Elec = Non-réversible, service assuré par le générateur : <i>1 : Refroidissement</i>	Ent	1		
Sys_thermo_Fr	Technologie en mode refroidissement : <i>1 : refroidisseur air extérieur / air recyclé</i>	Ent	1		
M_θ_Aval_Fr	Valeurs de températures aval pour lesquelles les EER et Pabs sont saisis : <i>1 : θ_{av,pivot}</i>	Ent	1	7	
	<i>2 : 2 premières valeurs de θ_{av,i}</i>				
	<i>3 : etc...</i>				
M_θ_Amont_Fr	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : <i>1 : θ_{amont,pivot}</i>	Ent	1	7	
	<i>2 : 2 premières valeurs de θ_{amont,j}</i>				
	<i>3 : etc...</i>				
Statut_données_PC_fr	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS : <i>1 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1		
1) Saisie des performances certifiées en mode refroidissement					
{COR(i,j)} _{fr}	Matrice des statuts de données en mode refroidissement <i>1 : valeurs certifiées</i>	{Ent}	1		
{Performance(i,j)} _{fr}	Matrice des coefficients EER selon les températures amont et aval en mode refroidissement (avant prétraitement)	{-}	0	+∞	
Pabs_nominal_val_pivot	Valeur pivot de puissance absorbée à charge nominale adoptée pour le modèle	kW			Cdim * Adim_fr
{P _{abs} (i,j)} _{fr}	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode refroidissement	{kW}	0	+∞	
2) Limites de fonctionnement de la machine selon le mode					

Lim_θ_fr	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	-
----------	---	-----	---	---	---

3) Fonctionnement à charge partielle en refroidissement

Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : <i>par défaut</i>	Ent	0		
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : <i>Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt</i>	Ent	1	-	
Statut_fonct_continu	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« <i>contmin</i> ») : 0 : <i>par défaut</i>	Ent	0		
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	1.3
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	0.4
D _{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minute s	0	60	0.5
D _{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minute s	0	60	6

4) Puissance d'auxiliaires de la machine fictive

Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : 0 : <i>par défaut</i>	Ent	0		
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	0.01

5) Prétraitement: composition des matrices de performance

{Cnn _{av_Pabs} (θ _i , θ _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} (θ _j , θ _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} (θ _i , θ _k)} _{fr}	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_EER} (θ _i , θ _k)} _{fr}	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			

6) Emetteurs de froid via le générateur thermodynamique

Typo_emetteur_fr	Inertie du système d'émission principal utilisé avec le générateur thermodynamique fictif en mode refroidissement 3 : <i>Ventilo-convecteurs, plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible</i>	Ent	1		
------------------	---	-----	---	--	--

R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{fr}$	Liste des températures aval principales du générateur fictif.	°C	
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{fr}$	Liste des températures amont principales du générateur fictif.	°C	
N_{av_fr}	Nombre de températures aval principales	Ent	1
N_{am_fr}	Nombre de températures amont principales	Ent	1
$\{EER_{util}(i,j)\}_{fr}$	Matrice des performances EER selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données	{-}	
$LR(h)$	Taux de charge du générateur fictif	-	
$LR_{cycl}(h)$	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		
$EER_{LRcontminnet}(h)$	du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités		
$EER_{LR_net}(h)$			
$P_{fou_pc}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W	
$P_{fou_LRcontmin}(h)$			
$P_{fou_LR}(h)$			
$P_{abs_pc}(h)$	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	
$P_{comp_LRcontmin}(h)$			
$P_{comp_LR}(h)$			
$P_{fou_pc_brut}(h)$	Puissance maximale que peut fournir le générateur fictif 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 EER « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-	
$Q_{req_fact}(h)$	Energie requise ramenée une machine parmi les R_{dim} identiques	W	
$Q_{rest_fact}(h)$	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	

Variables liées à l'émission de froid

1) Paramètres initialement intrinsèques

$id_{em_chaud}^{em}$	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	-

$\delta\theta_{vs_fr}^{em}$	Variation spatiale en mode refroidissement.	°C	-∞	+∞	-
$P_{emconv_fr}^{em}$	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 ventilateurs (si $P_{abs_nominale} < Seuil_Pabs$)</i> <i>1 : Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte (si $P_{abs_nominale} > Seuil_Pabs$)</i>	Ent.	0	1	-
i_{spv}^{em}	Présence d'un régime de super petite vitesse automatique sur le ventilo-convecteur.	Bool	fau x	vrai	-
$P_{VCV_GV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de grande vitesse.	W	0	+∞	-
$P_{VCV_MV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de moyenne vitesse.	W	0	+∞	-
$P_{VCV_PV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de petite vitesse.	W	0	+∞	-
$P_{VCV_SPV}^{em}$	Puissance des ventilateurs locaux du ventilo-convecteur en régime de super petite vitesse.	W	0	+∞	-
id_{regul_batt}	Type de régulation de la batterie de refroidissement : <i>0- Batterie à débit d'eau régulé de façon progressive</i>	-	0	-	-
$\theta_{batt_dim}^{em}$	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
$\delta\theta_{vt_fr}^{em}$	Variation temporelle en mode refroidissement.	°C	-∞	0	-1.8
$P_{sd_fr}^{em}$	Ratio caractéristique de la mesure de température effectuée par le régulateur de l'émetteur pour le froid. <i>Valeurs extrêmes :</i> <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

$Rat_{s_fr}^{em}$	Ratio de la surface utile traitée par l'émetteur à la surface utile totale du groupe en froid.	-	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.	m²	0	+∞	-
id_{type}	Type de réseau de distribution du groupe : <i>0 : réseau de distribution fictif</i>	Ent.	0	-	-
id_{gest_fr}	Mode de régulation de la température de la distribution du groupe associée à l'émetteur : <i>0 : sans objet</i>	Ent	0	-	-
$\theta_{dep_dim_fr}$	Température de départ de dimensionnement	°C	-∞	+∞	0

$\theta_{ret_dim_fr}$	Température de retour de dimensionnement	°C	$-\infty$	$+\infty$	0
$\Delta\theta_{em_dim_fr}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement en froid.	°C	$-\infty$	$+\infty$	0

3) Variables initialement internes

$Rat_{em_eq_fr}$	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			
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
$\theta_{sd_0}(h)$	Température vue par la sonde associée au régulateur de l'émetteur équivalent de froid 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 froid sollicité, en fin de temps et à puissance émise de 10 kW.	°C			
$\theta_{ic}(h)$	Température de consigne équivalente de froid.	°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.	m ³ /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	W			

	groupe	
$\Phi_{crois}(h)$	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 : refroidissement	Entier	1	-	-
-----------------	--	--------	---	---	---

2) Paramètres initialement intrinsèques

id_{type}	Type de réseau de distribution intergroupes : 0 : réseau de distribution fictif.	Entier	0	-	-
$id_{v_air}^{ds}$	Type de batterie associée à la distribution du groupe ds: 0 : Batterie sur air du local.	Entier	0	-	-
id_{circ_fr}	Mode de régulation du circulateur : 0 : Pas de circulateurs.	Ent.	0	-	-
$\theta_{dep_dim_fr}^{ds}$	Température de départ de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	0
$\theta_{ret_dim_fr}^{ds}$	Température de retour de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	0
$\Delta\theta_{em_dim_fr}^{ds}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	0
q_{resid}^{ds}	Débit résiduel minimal dû à des circulateurs en régime de fonctionnement permanent.	m³/h	$-\infty$	$+\infty$	0
$q_{nom_fr}^{ds}$	Débit volumique nominal dans le réseau du groupe.	m³/h	$-\infty$	$+\infty$	-

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 thermodynamique		
$Q_{fou,fr}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur fictif.	Wh
$Q_{rest,fr}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur fictif).	Wh
$\{Q_{cef_fr(id_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur fictif, 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 fictif.	Réel
$\tau_{charge,fr}(h)$	Taux de charge du générateur fictif.	Réel
$\Phi_{rejet,fr}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont.	Wh

$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur fictif.	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur fictif en énergie finale.	Wh			
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont.	Wh			
$EER_{pc}(h)$	EER utile à pleine charge pour le mode considéré (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 : air</i>	Ent	1	-	
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>1 : air</i>	Ent	1	-	
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>1 : Refroidissement seul</i>	Ent	1	-	

Système d'émissions de froid

$Rat_{eff_fr}^{em}$	Part de l'énergie fournie au groupe effective assurée par l'émetteur en refroidissement.	Ent			
$Q_{sys_fr}^{em}(h)$	Demande en énergie de refroidissement transmise par l'émission <i>em</i> à son réseau de distribution du groupe au pas de temps <i>h</i> .	Wh			
$Q_{m_recirc_eff}^{em}(h)$	Débit massique de recirculation effectif sur la batterie froide de l'émetteur <i>em</i> .	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			
$\Phi_{crois_fr}(h)$	Puissance de refroidissement nécessaire issue du croisement.	W			
$id_{bfr}(h)$	Indicateur de besoins de froid non-nuls au pas de temps <i>h</i> .	Bool			
$Q_{sys_fr}(h)$	Energie requise pour le refroidissement 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 froid

θ_{min_fr}	Température maximale de la distribution intergroupes	°C
$A_{dess_fr}^{dp}$	Surface totale desservie en froid par la distribution intergroupes.	m²
$Rat_{surf_dess_fr}^{dp,gr}$	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
$Rat_{bes_prim_fr}^{dp,gr}(h)$	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 : 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
$Q_{sys_ds_req_fr}(h)$	Energie de refroidissement 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.
Générateur thermodynamique			
EER_nominal	Coefficient d'efficacité frigorifique à charge nominale adopté pour le modèle	-	3.5
C_dim	Constante de dimensionnement de la PAC air extérieur / air recyclé	W/m²	40
Seuil_Pabs	Seuil déterminant si l'on prend en compte la puissance des ventilateurs	kW	12
P_ventil_clim_fictive	Puissance des ventilateurs (utilisée uniquement dans le cas où Pabs_nominal > Seuil_Pabs)	kW	?

Réseaux de distribution intergroupe de froid

θ_{amb_fr}	Température d'ambiance intérieure conventionnelle pour le calcul des déperditions du réseau intergroupes lorsqu'il fonctionne en refroidissement.	°C	26
--------------------	---	----	----

Constantes physiques

Ca	Chaleur massique de l'air sec.	J/kgK	1006
----	--------------------------------	-------	------

Tableau 319 : Nomenclature des différentes variables du modèle

13.3.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

13.3.4.1 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 §13.3.4.2
- On propose ensuite le choix du système adopté pour caractériser la climatisation fictive, une description détaillée des performances et du dimensionnement de celui-ci en §13.3.4.3,
- Ensuite, on définit les caractéristiques de l'émetteur de froid qui sera lié au générateur modélisant la climatisation fictive en §13.3.4.4.
- Ensuite, on définit les caractéristiques différentes distributions (intergroupe et groupe) qui seront liés au générateur modélisant la climatisation fictive en §13.3.4.5,
- Enfin, on calcule la consommation liée à cette climatisation fictive en §13.3.4.6.

13.3.4.2 Liste des hypothèses du modèle

Les hypothèses de la modélisation de la climatisation fictive sont les suivantes :

- On modélise la climatisation fictive par un générateur thermodynamique à compression électrique de type PAC air extérieur / air recyclé monoservice (refroidissement) avec les caractéristiques suivantes :
 - Un unique coefficient de performance EER_nominal pris comme valeur pivot de la matrice de performance, permettant ainsi de déterminer celle-ci dans son intégralité à l'aide des coefficients définis dans la méthode Th-BCE.
 - Une unique puissance absorbée à charge nominale Pabs_nominal prise comme valeur pivot de la matrice des puissances, permettant ainsi de déterminer celle-ci dans son intégralité à l'aide des coefficients définis dans la méthode Th-BCE,
 - Des performances à charge partielle saisies par défaut avec :
 - Un fonctionnement du compresseur en mode continue ou en cycles marche arrêt
 - Un taux minimal de charge en fonctionnement continu $LR_{contmin}$ saisi par défaut et pris égal à 0.4,

- Un coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$ saisi par défaut et pris égal à 1.3,
 - Une durée équivalente liée aux irréversibilités Deq saisie par défaut et prise égale à 0.5 minutes,
 - Une durée de fonctionnement à charge tendant vers 0 $Dfou0$ saisie par défaut et prise égale à 6 minutes (valeur qui dépend du type d'émetteur choisi).
- Une puissance de ventilateurs à rajouter si la puissance absorbée à charge nominale $Pabs_nominal$ est supérieure à 12 kW,
- On modélise ensuite l'émetteur de froid lié à la PAC air extérieur / air recyclé de la manière suivante :
- On considère que le système d'émission est un système à air,
 - On considère que l'émetteur est un ventilo-convecteur à soufflage d'air froid,
 - La variation spatiale est de classe A puisque l'émetteur est un système à déplacement d'air,
 - 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 A, les valeurs possibles sont les suivantes :

$\delta\theta_{vs_fr}^{em}$	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 A	0	0,4	0,8	1,2

Tableau 320 : Extrait de la méthode Th-BCE sur les valeurs de variation spatiale en refroidissement en fonction de la hauteur sous plafond du local pour une classe A

- L'échange radiatif P_{emconv_fr} est saisi par défaut et pris égal à 0.95 pour un système de soufflage d'air froid,
 - 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 $\delta\theta_{vt_fr}^{em}$ 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 $P_{sd_fr}^{em}$ 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

13.3.4.3 Ajout de la climatisation fictive – schéma global

Ce chapitre a pour objectif de vérifier si les différents groupes du projet sont climatisés ou non et de créer une climatisation fictive (en ajoutant les objets nécessaires à sa mise en place) avec des caractéristiques identiques, et ce pour tous les groupes non climatisés. Les groupes déjà climatisés ne seront pas affectés par cette climatisation fictive, ils conserveront la climatisation qui les caractérise initialement.

Pour cela, on réalise une itération sur tous les groupes de chaque zone de chaque bâtiment du projet et on identifie les groupes ayant un dépassement du seuil bas en DH (degré heures). Si le groupe contrôlé est non climatisé, on ajoute un émetteur et une distribution de froid dans celui-ci tout en gardant l'ID de cette distribution en question, puis on écrit qu'il est climatisé et que la programmation de relance pour le froid est une horloge à heure fixe. Enfin, si la surface utile est positive, on stocke sa valeur et si la surface habitable est positive, on stocke sa valeur, et cela pour tous les groupes, pour avoir une surface totale de dimensionnement pour la génération de froid. Enfin, on ajoute un générateur froid et la source amont associée pour caractériser cette climatisation fictive.

A partir de ce procédé, on obtient l'algorithme suivant :

Surface_dimensionnement = 0

Liste_ID_groupe = []

Liste_ID_distribution_groupe = []

Foreach batiment in projet

 Foreach zone in batiment

 Foreach groupe in zone

 If groupe.Is_Climatise == 0 (Non)

 - Liste_ID_groupe.Add(groupe.Index)

 - Ajout emetteur_froid_groupe

 - Ajout distribution_froid_groupe

 - Liste_ID_distribution_groupe.Add(distribution_groupe.Index)

 - Is_Climatise = 1 (Oui)

 - Type_Prgm_Fr = 2 (Horloge à heure fixe)

 If groupe.SU > 0

 Surface_dimensionnement_fr += groupe.SU

 Elseif groupe.SHAB > 0

 Surface_dimensionnement_fr += groupe.SHAB

 Else

 Break(« Surface non défini au niveau du groupe »)

- Ajout Distribution_Froid_intergroupe
- Ajout generation
 - o Ajout generateur_froid
 - o Ajout source_amont

13.3.4.4 *Définition de la génération de la climatisation fictive*

13.3.4.4.1 *Définition de l'assemblage de la génération*

L'assemblage de la génération, en particulier celle d'un générateur thermodynamique avec monoservice refroidissement, est organisée de la même manière qu'elle est décrite dans la fiche algorithme « S1_Syst_Assemblage de la génération ».

13.3.4.4.2 *Définition des calculs réalisés au niveau de la génération*

Dans le cas du générateur lié au mode Th-C avec climatisation fictive, les calculs réalisés au niveau de la génération sont identiques à ceux qui sont décrits dans la fiche algorithme « C_GEN_Calculs génération ».

13.3.4.4.3 *Définition des transferts entre générateurs sur boucle d'eau*

Dans notre cas, le générateur de froid modélisant la climatisation fictive n'est pas défini sur une boucle d'air puisque c'est une machine de type PAC air extérieur / air recyclé caractérisée par un émetteur de type système à déplacement d'air.

Le calcul des transferts entre les autres générateurs se réalise de la même manière que celui décrit dans la fiche algorithme « C_Gen_Transferts Entre Generateurs Sur Boucle D'eau ».

13.3.4.4.4 *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 refroidisseur air extérieur / air recyclé qui modélise la climatisation fictive

Dans notre cas, la demande en énergie provient des émetteurs liés aux générateurs des groupes climatisés et de l'émetteur lié à la climatisation fictive lorsque le groupe n'est pas climatisé.

Pour la climatisation fictive, le mode de régulation globale utilisé est identique à celui décrit dans la fiche algorithme « C_GEN_Gestion/régulation de la génération ».

Voici ci-dessous la valeur prise par chaque paramètre lié à la gestion de régulation pour la climatisation fictive :

$id_{fonction}^{dp}$	2 : Refroidissement
id_{type}^{dp}	0 : Réseau de distribution fictif

id_{type}^{gnr}	Refroidisseur air extérieur / air recyclé
$id_{fluide-aval}^{gnr}$	2 : Air
id_{fougen}^{gnr}	2 : Refroidissement
$id_{priorite_fr}^{gnr}$	1
$p_{ngen_fr}^{gnr}$ (kW)	Pabs_val_pivot_nominal
$id_{type_priorite}$	1 : Sans priorité
$id_{raccord_gnr}$	0 : Avec possibilité d'isolement
$id_{gestion_fr}^{gen}$	2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution
id_{pos}^{gen} (-)	0 : Hors volume chauffé
Rat_{dim}^{gnr} (-)	1

Tableau 321 : Récapitulatif des valeurs prises par les paramètres de la gestion de la génération pour la climatisation fictive

13.3.4.4.5 Définition et ajout de la source amont du futur générateur de froid

Dans la génération créée pour la climatisation fictive, on ajoute une source amont air extérieur avec les caractéristiques suivantes :

$id_{fluide-amont}$	2 : Air
$id_{amont-air-type}$	1 : Air extérieur
P_{vent_gaine} (W)	0

13.3.4.4.6 Définition du générateur de la climatisation fictive

Comme nous l'avons évoqué dans la liste des hypothèses ci-dessus, la climatisation fictive est modélisée par un générateur thermodynamique à compression électrique de type PAC air extérieur / air recyclé monoservice (refroidissement) non réversible.

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.

Le coefficient de performance EER à charge nominale de ce système est conventionnel. La puissance absorbée à charge nominale est déterminée selon la taille de la machine considérée et le dimensionnement nécessaire de celle-ci. Enfin, tous les autres paramètres, notamment ceux qui sont liés aux performances à charge partielle, sont définis à l'aide de valeurs par défaut issues de la méthode Th-BCE.

Voici ci-dessous un récapitulatif des valeurs prises pour l'ensemble de ces paramètres :

PAC air extérieur / air recyclé	Valeur du paramètre
R_dim (-)	1
Gene_Thermo_Elec (-)	Non réversible
Id_Fougen_Mod (-)	2 : refroidissement
Sys_thermo_Fr (-)	2 : Refroidisseur air extérieur / air recyclé
$M_{\theta_Aval_Fr}$ (-)	1 ($\theta_{av,pivot}$ ie 27°C)
$M_{\theta_Amont_Fr}$ (-)	1 ($\theta_{am,pivot}$ ie 35°C)
Statut_données_PC_fr (-)	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées
EER_val_pivot_27/35 (-)	3.5
C_dim (W/m²)	40
Surface_dimensionnement (m²)	$\sum Surface_groupes_non_climatisés$
Pabs_val_pivot_27/35 (kW)	C_dim * Adim_fr
COR_val_pivot_27/35	1 : valeur certifiée
{COR(i,j)}fr (-)	1 : valeurs certifiées
{Performance(i,j)}fr (-)	Valeurs remplies à l'aide de la méthode Th-BCE à partir de la valeur pivot EER_val_pivot_27/35
{P _{abs} (i,j)}fr (kW)	Valeurs remplies à l'aide de la méthode Th-BCE à partir de la valeur pivot Pabs_val_pivot_27/35
Seuil_Pabs (kW)	12
Lim_θ_Fr (-)	0 : Pas de limite
Valeur_Declaree_Default	1 : Valeur déclarée
Fonctionnement_Compresseur_Fr (-)	2 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur
Statut_Fonctionnement_Continu_Fr (-)	0 : Valeur certifiée
LR _{contmin} (-)	0.4
Ccp _{LRcontmin} (-)	1.3
Deq (minutes)	0.5
Dfou0 (minutes)	6

Statut_Taux (-)	2 : Valeur par défaut
Taux (-)	0.01
Typo_emetteur_fr (-)	3 : Ventilo-convecteurs

Tableau 322 : Récapitulatif des valeurs prises pour les paramètres du générateur modélisant la climatisation fictive

13.3.4.4.6.1 Création des matrices de performance à pleine charge pour un refroidisseur air extérieur / air recyclé

IdFluide_aval = 2 : air;

IdFluide_amont = 1 : air;

13.3.4.4.6.1.1 Format des matrices de performance

La matrice de performances des refroidisseurs air extérieur / air recyclé est la suivante :

		Θ _{amont} (air extérieur)				
	Θ _{amont}	5	15	25	35	45
Θ _{aval}	priorité	4	3	2	1	5
22	2					
27	1					
32	3					
37	4					

Figure 203 : Matrice de performance des refroidisseurs air extérieur / air recyclé

13.3.4.4.6.1.2 Calcul des valeurs par défaut

Les EER 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 323 : 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 :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(22, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,3)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(32, 27) \\
 &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(37, 27)
 \end{aligned}
 \tag{2349}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,2)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,5)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(45, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(5, 35)
 \end{aligned} \tag{2350}$$

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
$Cnnav_Pabs(22, 27) = 0.95$	$Cnnav_Pabs(25, 35) = 1.1$
$Cnnav_Pabs(32, 27) = 1.05$	$Cnnav_Pabs(15, 35) = 1.2$
$Cnnav_Pabs(37, 27) = 1.1$	$Cnnav_Pabs(5, 35) = 1.3$
	$Cnnav_Pabs(45, 35) = 0.9$

Tableau 324 : refroidisseurs air extérieur / air recyclé, coefficients Cnn pour $Pabs$

13.3.4.4.6.2 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle

13.3.4.4.6.2.1 Puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle

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 :

$$W_{aux,0} = Taux \times \{Pabs(ipivot, jpivot)\} \tag{2351}$$

Le paramètre $Taux$, est le ratio de la puissance d'auxiliaire à charge nulle sur la puissance absorbée à pleine charge au point pivot. La valeur de $Statut_taux$ est fixe et imposée à 2 (soit « autre cas »).

Ainsi, le paramètre $Taux$ prend la valeur par défaut suivante :

$$Taux = 0.01 \tag{2352}$$

13.3.4.4.6.2.2 Puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle

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
Froid	3 : ventilo-convecteurs	6

Tableau 325 : Valeur conventionnelle de Dfou0 en minutes pour un système à déplacement d'air

13.3.4.4.6.2.3 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)
- Ccp_{LRcontmin}, 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).

Le paramètre « Statut_Fonctionnement_Continu » est égal à 2 (autres cas), ce qui implique de définir pour ces deux paramètres ci-dessus les valeurs par défaut suivantes :

$$LR_{contmin} = 0,4 \quad (2353)$$

$$Ccp_{LRcontmin} = 1.3 \quad (2354)$$

13.3.4.4.6.2.4 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 LRcontmin, Ccp_{LRcontmin} et Taux, qui doivent rester dans un certain intervalle pour que le calcul soit cohérent :

$$\text{Si } LR_{contmin} \times 0,3 < CCP_{LRcontmin} \times \text{Taux}$$

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 LRcontmin, CCP_{LRcontmin}, Pabs et Taux. » (2355)

13.3.4.4.6.3 Calcul des performances à chaque pas de temps h

Cette partie concerne uniquement le système pris en compte dans cette fiche.

Ainsi, dans notre mode, le calcul à un pas de temps h donné est séquencé de la manière suivante :

- Calcul des performances à pleine charge, 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 de froid à fournir $Q_{req,fr}(h)$.

13.3.4.4.6.3.1 Calcul du EER 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 $\theta_{amont}(h)$:

$$\text{Si } \theta_{amont}(h) < Val_{\theta_{amont}}(1) \quad jI = 1 \quad (2356)$$

$j2 = 1$
 $\theta_{am1} = \theta_{amont}(h)$
 $\theta_{am2} = Val_{\theta_{amont}}(1)$
 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'

Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

Si $\theta_{aval}(h) < Val_{\theta_{aval}}(1)$
 $i1 = 1$
 $i2 = 1$
 $\theta_{av1} = \theta_{aval}(h)$
 $\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(1)$
 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'

(2357)

Calculs des coefficients d'interpolation

On déduit de la procédure précédente les valeurs de coefficients d'interpolation à chaque pas de temps :

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}}$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}}$$

(2358)

Calcul du coefficient de performance à pleine charge (COP ou EER) et de la puissance absorbée :

$$\begin{aligned}
P_{abs_pc}(h) = & (1 - C_{\theta am}(h)) \times (1 - C_{\theta av}(h)) \times \{P_{abs}(i1, j1)\} \\
& + C_{\theta am}(h) \times (1 - C_{\theta av}(h)) \times \{P_{abs}(i1, j2)\} \\
& + C_{\theta av}(h) \times (1 - C_{\theta am}(h)) \times \{P_{abs}(i2, j1)\} \\
& + C_{\theta am}(h) \times C_{\theta av}(h) \times \{P_{abs}(i2, j2)\}
\end{aligned} \tag{2359}$$

Pour notre générateur fictif en mode refroidissement :

$$\begin{aligned}
EER_pc(h) = & (1 - C_{\theta am}(h)) \times (1 - C_{\theta av}(h)) \times \{EER_util(i1, j1)\} \\
& + C_{\theta am}(h) \times (1 - C_{\theta av}(h)) \times \{EER_util(i1, j2)\} \\
& + C_{\theta av}(h) \times (1 - C_{\theta am}(h)) \times \{EER_util(i2, j1)\} \\
& + C_{\theta am}(h) \times C_{\theta av}(h) \times \{EER_util(i2, j2)\}
\end{aligned} \tag{2360}$$

13.3.4.4.6.4 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 EER.

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.

Dans notre cas :

$$P_{fou_pc_brut}(h) = P_{abs_pc}(h) \times EER_pc(h) \tag{2361}$$

13.3.4.4.6.4.1 Prise en compte des températures limites de fonctionnement du générateur

Il convient de calculer la quantité d'énergie requise pour chaque machine :

$$Q_{Req_act}(h) = \frac{Q_{req}(h)}{Rdim} \tag{2362}$$

Dans le cas de la climatisation fictive, le paramètre Lim_Theta est conventionnel et pris égal à 0 (pas de limites sur les températures de source).

Ainsi, dans cette configuration, le calcul s'effectue de la manière suivante :

Si Lim_Theta = 0 (pas de limites sur les températures de source :

$$P_{fou_pc}(h) = P_{fou_pc_brut}(h) \tag{2363}$$

$$Q_{rest_act}(h) = \max(0 ; Q_{req_act}(h) - P_{fou_pc}(h))$$

13.3.4.4.6.5 Calcul des performances à charge partielle non nulle : cas général

Le calcul de la puissance absorbée à charge partielle, $P_{abs,LR}(h)$, du générateur thermodynamique est réalisé indépendamment pour chacun des modes utilisés au pas de temps h.

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, $P_{comp}(h)$,
- la puissance absorbée équivalente du compresseur résultant des irréversibilités lors des phases d'arrêt - démarrage, $P_{compma}(h)$,
- la puissance absorbée par les auxiliaires du générateur thermodynamique à charge nulle, $W_{aux,0}$.

On introduit $LR(h)$, le taux de charge du générateur thermodynamique :

$$P_{fouLR}(h) = MIN(Q_{reqact}(h); P_{fouPC}(h)) \quad (2364)$$

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{fou,PC}(h)} \quad (2365)$$

Note : si $P_{fou,PC}(h)$ est nul, $LR(h)$ est pris égale à 0.

13.3.4.4.6.5.1 Cas d'une machine 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 :

$$P_{comp-pc}(h) = P_{abs-pc}(h) - W_{aux-0} \quad (2366)$$

$$P_{compLR}(h) = P_{comp-pc}(h) \cdot LR(h) \quad (2367)$$

La puissance absorbée moyenne liée aux irréversibilités, $P_{compma}(h)$, est calculée selon la relation suivante :

$$P_{compma-LR}(h) = P_{comp-pc}(h) \cdot \frac{Deq \cdot (LR(h)) \cdot (1 - LR(h))}{Dfou0} \quad (2368)$$

Finalement, la puissance absorbée moyenne à charge partielle, $P_{abs-LR}(h)$, est la suivante :

$$P_{abs-LR}(h) = P_{compLR}(h) + P_{compma-LR}(h) + W_{aux-0} \quad (2369)$$

$$EER_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \quad (2370)$$

13.3.4.4.6.5.2 Cas d'une machine à régulation de puissance variable (Fonc compr = 1)

Dans ce cas, 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 cet EER net :

$$P_{comp-pc}(h) = P_{abs-pc}(h) - W_{aux-0} \quad (2371)$$

$$EER_{pcnet}(h) = \frac{P_{fou_{pc,brut}}(h)}{P_{comp-pc}(h)} \quad (2372)$$

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 de l'EER par rapport au EER à pleine charge est égale à $CCP_{LRcontmin}$. On convertit également ce coefficient en $CCP_{LRcontmin,net}$:

$$CCP_{LRcontmin,net}(h) = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp_{pc}}(h) \cdot CCP_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs_{pc}}(h) - CCP_{LRcontmin} \cdot W_{aux-0}} \quad (2373)$$

Si $LR(h)$ est compris entre $LR_{contmin}$ et 1, la puissance absorbée et l'EER à charge partielle se calculent selon la procédure suivante :

$$\begin{aligned}
EER_{LR-net}(h) &= EER_{pc-net}(h) \cdot \left(1 \right. \\
&\quad \left. + [CCP_{LRcontmin-net} - 1] \cdot \frac{1 - LR(h)}{1 - LR_{contmin}} \right)
\end{aligned} \tag{2374}$$

$$P_{compLR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{EER_{LR-net}(h)} \tag{2375}$$

$$P_{absLR}(h) = P_{compLR}(h) + W_{aux-0} \tag{2376}$$

$$EER_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{absLR}(h)} \tag{2377}$$

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 $LR = LR_{contmin}$:

$$P_{fou-LRcontmin}(h) = P_{fou_pc_brut}(h) \times LR_{contmin} \tag{2378}$$

$$P_{compLRcontmin}(h) = \frac{P_{fouLRcontmin}(h)}{EER_{LRcontmin-net}(h)} \tag{2379}$$

$$P_{compLR}(h) = P_{compLRcontmin}(h) \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR(h)}{LR_{contmin}} \right) \tag{2380}$$

La puissance absorbée moyenne liée aux irréversibilités, $P_{compma}(h)$, est calculée selon la relation suivante :

$$LR_{cycl}(h) = \frac{LR(h)}{LR_{contmin}} \tag{2381}$$

$$P_{compmaLR}(h) = P_{compLRcontmin}(h) \cdot \frac{Deq \cdot (LR_{cycl}(h)) \cdot (1 - LR_{cycl}(h))}{Dfou0} \tag{2382}$$

Finalement, la puissance absorbée moyenne à charge partielle, $P_{abs-LR}(h)$, est la suivante :

$$P_{abs-LR}(h) = P_{compLR}(h) + P_{compma-LR}(h) + W_{aux-0} \tag{2383}$$

$$EER_{LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{abs-LR}(h)} \tag{2384}$$

13.3.4.4.6.6 Fonctionnement à charge nulle ($Q_{req}(h) = 0$) ou en dehors des limites de fonctionnement ($P_{fou_pc}(h) = 0$)

Dès lors que le générateur La puissance absorbée est égale à la puissance d'auxiliaires à charge nulle :

$$P_{abs-LR}(h) = W_{aux-0} \tag{2385}$$

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 refroidissement vu que le générateur considéré ici est mono-service refroidissement.

13.3.4.4.6.7 Calcul des données de sortie à l'issue du traitement du mode refroidissement

A l'issue du calcul de notre unique mode, on calcule les données de sortie spécifiques à celui-ci. Le calcul est le suivant :

$$Q_{cef-fr(id_engen)}(h) = P_{abs_LR}(h) \times Rdim \quad (2386)$$

$$\eta_{eff,fr}(h) = EER_{LR}(h) \quad (2387)$$

$$Q_{fou-fr}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (2388)$$

$$Q_{rest-fr}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (2389)$$

$$\tau_{charge-fr}(h) = LR(h) \quad (2390)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée positivement en froid. Aussi le calcul est le suivant :

$$\varphi_{rejet,fr}(h) = (P_{comp_LR} + P_{compma_LR} + P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (2391)$$

13.3.4.5 Définition et ajout du réseau intergroupe de froid

Ce chapitre donne les caractéristiques du réseau intergroupe de froid de la climatisation fictive à créer au niveau du projet.

Celles-ci sont les suivantes :

Type_Prim (-)	0 : Réseau de distribution fictif sans pertes
Id_gen (-)	Id du générateur de froid crée

Tableau 326 : Valeurs des paramètres liés au réseau intergroupe froid

Les calculs réalisés au niveau du réseau intergroupe froid sont identiques à ceux des fiches « C-Dist-Distribution de chauffage et de refroidissement du groupe » et « C-DIST-Gestion/régulation des distributions intergroupes de chaud et de froid ».

13.3.4.6 Définition et ajout du système d'émission lié au générateur de froid de la climatisation fictive

La fonction `emetteur_froid_groupe` va créer un émetteur froid dans tous les groupes non climatisés.

Cette partie de la fiche permet la définition d'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 équivalents 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.

Ces paramètres sont les suivants :

Is_emetteur_chaud	0 : Non
Is_emetteur_froid	1 : Oui
Carac_Haut_Plafond	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_Froid (-)	1 : Soufflage d'air froid
Classe_Variation_Spatiale_Froid (-)	1 : Classe A

)	
$\delta\theta_{vs_fr}^{em} (^\circ\text{C})$	<p>Plusieurs valeurs possibles selon la valeur du paramètre « Carac_Haut_Plafond »</p> <p>Si Carac_Haut_Plafond = 0 :</p> $\delta\theta_{vs_fr}^{em} = 0$ <p>Si Carac_Haut_Plafond = 1 :</p> $\delta\theta_{vs_fr}^{em} = 0.4$ <p>Si Carac_Haut_Plafond = 2 :</p> $\delta\theta_{vs_fr}^{em} = 0.8$ <p>Si Carac_Haut_Plafond = 3 :</p> $\delta\theta_{vs_fr}^{em} = 1.2$
Couple_Regulateur_Emetteur (-)	0 : Couple régulateur/émetteur ne permettant pas un arrêt total de l'émission
Statut_Variation_Temporelle_Froid (-)	0 : Valeur certifiée
$\delta\theta_{vt_fr}^{em} (^\circ\text{C})$	-1.8 (valeur par défaut issue de la méthode Th-BCE)
Rat_s_fr (-)	1
Rat_t_fr (-)	1
Gest_vcv (-)	<p>Si Pabs_pivot_generateur < Pabs_seuil (12 kW) :</p> <p>Gest_vcv = 0 (Pas de ventilateurs)</p> <p>Sinon :</p> <p>Gest_vcv = 1 (Régulation manuelle uniquement)</p> <p>$I_{spv} = 0$ (non)</p> <p>$Id_Regul_Batt = 1$ (autres cas (température de batterie constante))</p> $P_VCV_gv = 0.02 * Pabs_val_pivot_27/35 * Agr/Adim_fr$ $P_VCV_mv = 0.018 * Pabs_val_pivot_27/35 * Agr/Adim_fr$ $P_VCV_pv = 0.017 * Pabs_val_pivot_27/35 * Agr/Adim_fr$ <p>Note : La puissance Pabs_val_pivot_27/35 doit être calculée avant les puissances ci-dessus</p>

--	--

Tableau 327 : Valeurs des paramètres liés à l'émetteur de froid

Les calculs réalisés (à l'aide de ces paramètres figés) au niveau de cet émetteur de froid sont identiques à ceux décrits dans la fiche C-Emi-Systèmes Emissions du groupe en chaud et en froid.

13.3.4.7 *Définition et ajout de la distribution de groupe froid*

A l'issue de la création de l'émetteur froid ci-dessus, une distribution de groupe froid va être créée à partir de celui-ci.

Les caractéristiques de cette distribution de groupe froid sont les suivantes :

Id_Dist_1 ^{er} (-)	Indice de la distribution intergroupe créée
Type_2 nd (-)	0 : Réseau de distribution fictif sans pertes

Tableau 328 : Valeurs des paramètres liés à la distribution de groupe froid

Version du 04/08/20

13.4 C Calc Bilans Energies Consommees et importees

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.

13.4.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 329 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	Wh

$E_{elec-prod-PV-integre}^{bat}(h)$	Quantités d'énergie électrique produites par les installations photovoltaïques intégrées au bâtiment / sur parcelle	Wh
$E_{elec-prod-PV-parcelle}^{bat}(h)$	attribuées au bâtiment	

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
$Q_{cef}^{gr}(poste; energie)(h)$ $Q_{cef}^{zn}(poste; energie)(h)$ $Q_{cef}^{bat}(poste; energie)(h)$	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
$E_{elec-prod-coge}^{gr}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{zn}(h)$ $E_{elec-prod-coge}^{bat}(h)$	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 photovoltaïques 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)
$W_{elec-IMP[poste]}^{bat}(h)$ $W_{elec-IMP[poste]}^{zn}(h)$	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 329 : 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 330. 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 330 : 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 :

$$Q_{cef(poste;énergie)}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{cef(poste;énergie)}^{gen,gr}(h) \quad (2392)$$

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 :

$$\begin{cases} Q_{req,ch}^{gr}(h) = \sum_{em \in gr} Q_{req,ch}^{em}(h) \\ Q_{req,fr}^{gr}(h) = \sum_{em \in gr} Q_{req,fr}^{em}(h) \end{cases} \quad (2393)$$

- 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 .

$$\begin{cases} Q_{req_gen_ch}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{req,ch}^{gen,gr}(h) \\ Q_{req_gen_fr}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{req,fr}^{gen,gr}(h) \end{cases} \quad (2394)$$

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 330) :

$$Q_{cef(poste;energie)}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(poste;energie)}^{gen,gr}(h)) \quad (2395)$$

Par ailleurs, on remplit également le vecteur des consommations électriques du groupe :

$$W_{elec-cons[ch]}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(ch;elec)}^{gen,gr}(h)) \quad (2396)$$

$$W_{elec-cons[fr]}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(fr;elec)}^{gen,gr}(h)) \quad (2397)$$

$$W_{elec-cons[ECS]}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(ecs;elec)}^{gen,gr}(h)) \quad (2398)$$

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).

$$W_{elec-cons[auxvent]}^{gr}(h) = W_{ventmoy}^{s,gr}(h) + W_{vent-loc-tot}^{gr}(h) + W_{abs-GA}^{gr}(h) \quad (2399)$$

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 :

$$W_{elec-cons[auxdist]}^{gr}(h) = \sum_{dp \rightarrow e \rightarrow gr} W_{aux_prim-e}^{dp-e,gr}(h) + \sum_{dp \rightarrow gr} W_{aux}^{dp,gr}(h) + \sum_{ds \rightarrow gr} W_{aux}^{ds}(h) + \sum_{dCTA \rightarrow gr} W_{aux}^{dCTA,gr}(h) \quad (2400)$$

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

$$Q_{cef(poste;energie)}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} Q_{cef(poste;energie)}^{gr}(h) \quad (2401)$$

En particulier, les consommations horaires en énergie électriques sont distinguées :

$$W_{elec-cons[ch]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[ch]}^{gr}(h) \quad (2402)$$

$$W_{elec-cons[fr]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[fr]}^{gr}(h) \quad (2403)$$

$$W_{elec-cons[ecs]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[ecs]}^{gr}(h) \quad (2404)$$

13.4.3.2.2 *Consommations horaires d'éclairage de la zone*

$$W_{elec-cons[ectl]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[ectl]}^{gr}(h) + W_{cef_ecl_park}^z(h) + W_{cef_ecl_parties_communes}^z(h) \quad (2405)$$

13.4.3.2.3 *Consommations horaires des auxiliaires de ventilation de la zone*

$$W_{elec-cons[auxvent]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[auxvent]}^{gr}(h) + W_{cef_vent_park}^z(h) \quad (2406)$$

13.4.3.2.4 *Consommations horaires des auxiliaires de distribution de la zone*

$$W_{elec-cons[auxdist]}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zn} W_{elec-cons[auxdist]}^{gr}(h) \quad (2407)$$

13.4.3.2.5 *Consommations horaires des auxiliaires associés au déplacement des occupants de la zone*

$$W_{elec-cons[depl]}^{zn}(h) = W_{cef_ascenseur}^z(h) + W_{cef_escalators}^z(h) \quad (2408)$$

13.4.3.2.6 *Consommation électrique horaire totale de la zone*

Sur le périmètre RE2020 :

$$W_{elec-hors-mobilier}^{zn}(h) = \sum_{poste} [W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h)] \quad (2409)$$

Sur le périmètre RE2020 et les usages mobiliers :

$$W_{elec-tous_usages}^{zn}(h) = W_{elec-hors-mobilier}^{zn}(h) + W_{cef-mobilier}^{zn}(h) \quad (2410)$$

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*

$$Q_{cef(poste;énergie)}^{bat}(h) = \sum_{zn \in bat} Q_{cef(poste;énergie)}^{zn}(h) \quad (2411)$$

13.4.3.3.2 *Consommation électrique horaire du bâtiment par poste*

Pour l'ensemble des postes de consommations électriques :

$$W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h) = \sum_{zn \in bat} W_{elec-cons[poste]}^{zn}(h) \quad (2412)$$

13.4.3.3.3 *Consommation électrique horaire totale de la zone*

Sur le périmètre RE2020 :

$$W_{elec-hors-mobilier}^{bat}(h) = \sum_{poste} [W_{elec-cons[poste]}^{bat}(h)] \quad (2413)$$

Sur le périmètre RE2020 et les usages mobiliers :

$$W_{elec_tous_usages}^{bat}(h) = W_{elec_hors_mobilier}^{bat}(h) + W_{cef_mobilier}^{bat}(h) \quad (2414)$$

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 :

$$E_{elec_prod_coge}^{gr}(h) = \sum_{gen \rightarrow gr} Q_{ef_prelec}^{gen,gr}(h) \quad (2415)$$

Pour les niveaux Zone et Bâtiment, on somme ensuite la production de chaque groupe :

$$E_{elec_prod_coge}^{zn}(h) = \sum_{gr \in zone} E_{elec_prod_coge}^{gr}(h) \quad (2416)$$

$$E_{elec_prod_coge}^{bat}(h) = \sum_{zn \in bat} E_{elec_prod_coge}^{zn}(h) \quad (2417)$$

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 :

$$E_{elec_prod_PV}^{bat}(h) = E_{elec_prod_PV_integre}^{bat}(h) + E_{elec_prod_PV_parcelle}^{bat}(h) \quad (2418)$$

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) :

$$E_{elec_prod_PV_integre}^{bat}(h) = \sum_{PV \in bat} (P_{ond}^{PV}(h)) \quad (2419)$$

- $E_{elec_prod_PV_parcelle}^{bat}(h)$: 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

$$E_{elec_prod_PV_parcelle}^{bat}(h) = \sum_{PV_projet} (P_{ond}^{PV_projet}(h)) \times \frac{W_{elec_tous_usages}^{bat}(h)}{\sum_{bat} W_{elec_tous_usages}^{bat}(h)} \quad (2420)$$

es horaires tous usages du projet selon l'équation ci-dessous :

13.4.3.4.3 Calcul de la production d'électricité totale au niveau du bâtiment

$$E_{elec_prod_tot}^{bat}(h) = E_{elec_prod_pv}^{bat}(h) + E_{elec_prod_coge}^{bat}(h) \quad (2421)$$

Version du 04/08/20

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 :

$$E_{elec_prod_AC}^{bat}(h) = \text{MIN}(E_{elec_prod_tot}^{bat}(h) ; W_{elec_tous_usages}^{bat}(h)) \quad (2422)$$

On en déduit les taux d'autoconsommation et d'autoproduction du bâtiment :

$$TAC^{bat}(h) = \frac{E_{elec_prod_AC}^{bat}(h)}{E_{elec_prod_tot}^{bat}(h)} \quad (2423)$$

$$TAP^{bat}(h) = \frac{E_{elec_prod_AC}^{bat}(h)}{W_{elec_tous_usages}^{bat}(h)} \quad (2424)$$

Note : dans le cas où $E_{elec_prod_tot}^{bat}(h)$ est nul, $TAC^{bat}(h)$ est pris égal à 0. De même, dans le cas où $W_{elec_tous_usages}^{bat}(h)$ est nul, $TAP^{bat}(h)$ 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 :

$$E_{elec_prod-PV-AC}^{bat}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec_prod-PV}^{bat}(h) \quad (2425)$$

$$E_{elec_prod-coge-AC}^{bat}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec_prod-coge}^{bat}(h) \quad (2426)$$

Pour chaque zone zn appartenant à un bâtiment bat :

$$E_{elec_prod-AC}^{zn}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec_prod-tot}^{zn}(h) \quad (2427)$$

$$E_{elec_prod-PV-AC}^{zn}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec_prod-PV}^{zn}(h) \quad (2428)$$

$$E_{elec_prod-coge-AC}^{zn}(h) = TAC^{bat}(h) \times E_{elec_prod-coge}^{zn}(h) \quad (2429)$$

13.4.3.5.2 Quantités d'énergie électriques importées par le bâtiment

Pour l'ensemble des postes de consommation électrique :

$$W_{elec-IMP[postes]}^{bat}(h) = W_{elec-cons[postes]}^{bat}(h) \times (1 - TAP^{bat}(h)) \quad (2430)$$

Et pour chaque zone zn appartenant au bâtiment bat :

$$W_{elec-IMP[postes]}^{zn}(h) = W_{elec-cons[postes]}^{zn}(h) \times (1 - TAP^{bat}(h)) \quad (2431)$$

Tous usages :

$$W_{elec_tous_usages_IMP}^{bat}(h) = \sum_{postes} [W_{elec-IMP[postes]}^{bat}(h)] \quad (2432)$$

$$W_{elec_tous_usages_IMP}^{zn}(h) = \sum_{postes} [W_{elec-IMP[postes]}^{zn}(h)] \quad (2433)$$

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, pour les groupes non climatisés, l'inconfort pour les occupants. 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.

Version du 04/08/20

13.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 331 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. Scénario ssio nari		H_{leg}	Heure légale	h			
		I_{HJ}	Heure du jour	h			
		$\theta_{ei}(h)$	Température extérieure	°C			
		$I_{Sconf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-			
		$\theta_{rm}(j)$	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			
		$\theta_{op}(h)$	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			
		I_{occ_zone}	Indice d'occupation de la zone	bool			
Paramètres d'intégration du composant							
		Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Zone m		$I_{climatise}^{gr}$	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	-
		$Mode$	Mode de calcul (0-Th-B / 1-Th-C / 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

°C.h

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{m(j)}$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C
$\theta_{op_inc_max}$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud	°C
$\theta_{op_inc_max_C1}$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C
$\theta_{op_inc_max_C2}$		
$\theta_{op_inc_max_C3}$		
$\theta_{op_conf_ch}(h)$	Température limite de confort chaud	°C
$\theta_{op_conf_ch_corr}(h)$	Température limite de confort chaud corrigée	°C
$\Delta\theta_{op_inc_C1}$	Paramètres conventionnels intervenant dans la	2
$\Delta\theta_{op_inc_C2}$	définition de $\theta_{op_inc_max}$, en catégorie d'ambiance 1,	°C -∞ +∞ 3
$\Delta\theta_{op_inc_C3}$	2 et 3.	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	°C	2

Tableau 331 : Nomenclature du modèle

13.5.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

13.5.3.1 Principe de calcul

Le calcul de l'indicateur de confort d'été s'appuie sur les normes NF EN 15251 (notion de confort adaptatif). Il consiste à sommer sur chaque pas de temps en période de confort adaptatif et en occupation, le nombre de degrés qui dépasse une zone de confort définie.

L'indicateur n'est calculé que pour les groupes non climatisés ($I_{s_{climatisé}}=0$).

Les étapes de calcul du modèle sont représentées sur le graphique suivant :

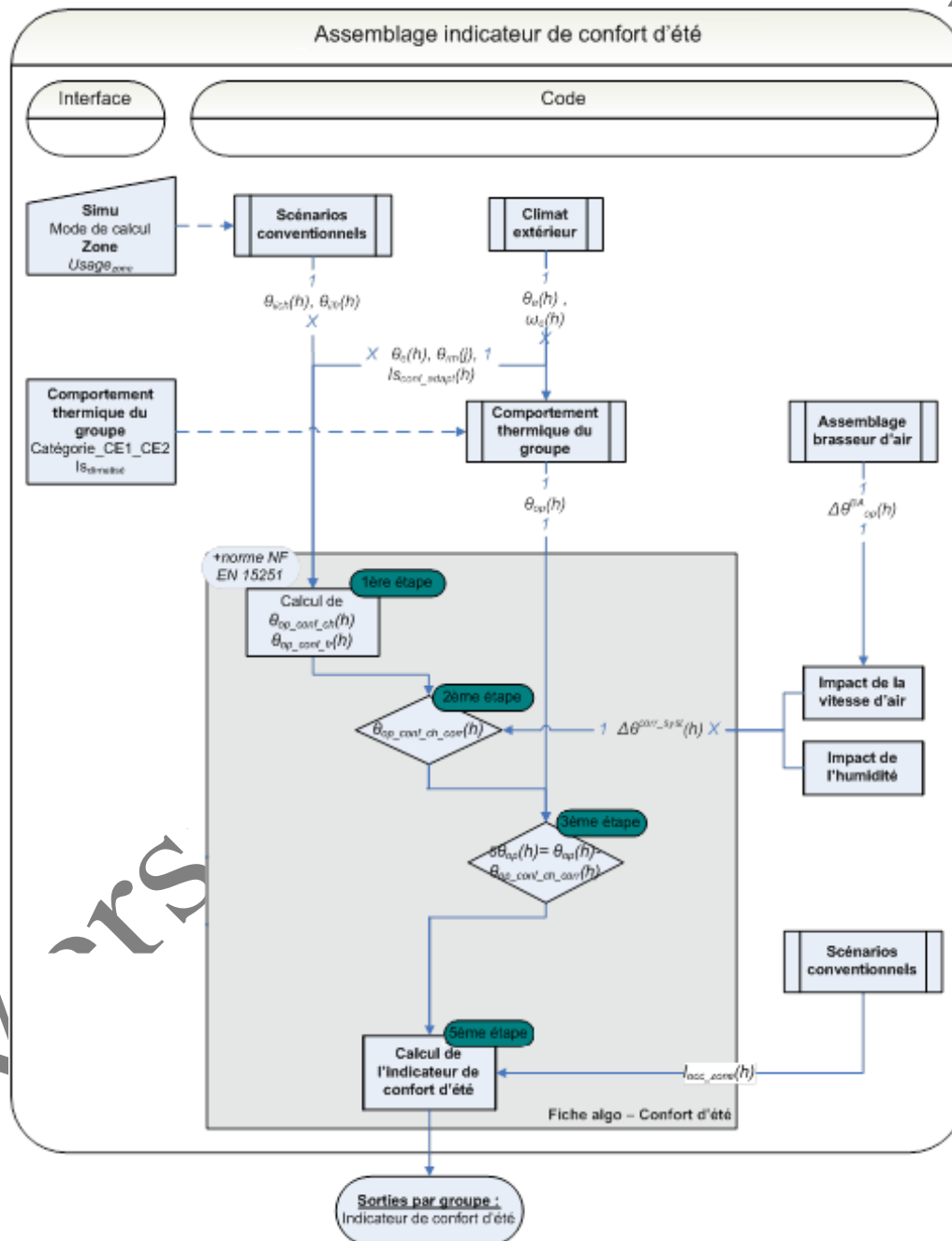


Figure 204 : schéma de principe

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 algorithmne ne sont effectués qu'en mode confort d'été, c'est à dire quand

$$Mode=4 \text{ ou } 5 \quad (2434)$$

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 15251. Elle s'appuie sur la notion de confort adaptatif.

(Note : les calculs ci-dessous sont strictement identiques à ceux de la fiche algorithmne 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 :

$$\begin{aligned}\theta_{op_inc_max_c1}(j) &= MAX(\theta_{iifr}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op_inc_c1}) \\ \theta_{op_inc_max_c2}(j) &= MAX(\theta_{iifr}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op_inc_c2}) \\ \theta_{op_inc_max_c3}(j) &= MAX(\theta_{iifr}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op_inc_c3})\end{aligned} \quad (2435)$$

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 332: Relation entre les catégories d'ambiance et le type d'usage

Note : en mode Th-D, la température de consigne de refroidissement prend en compte la suppression des vacances (cf. scénarios conventionnels)

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, foyer de jeunes travailleurs, établissement sanitaire avec hébergement, cité universitaire) :

¹³ La norme NF EN 15251 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.

Si $6 < h_{leg} \leq 22$,

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op_inc_max_C} 1_{op_min_max}()) \quad (2436)$$

Sinon (période de sommeil),

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \theta_{iifr}^+$$

Pour les autres types d'usage

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op_inc_max_C} 1_{op_min_max}()) \quad (2437)$$

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.

13.5.3.4 *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 $\theta_m(j)$ 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,

$$\Delta\theta_{conf_adapt}(h) = \max(0, \theta_{op_conf_ch}(h) - \theta_{iifr}^+) \quad (2438)$$

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.

$$\theta_{op_conf_ch_corr}(h) = \theta_{op_conf_ch}(h) + \Delta\theta^{corr_syst}(h) \quad (2439)$$

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 ($I_{s_conf_adapt}(h)=1$ et $I_{occ_zone}(h)=1$).

Initialisation au pas de temps 0 : $Nbh_{inconf} = Nbh_{inconf+1C} = Nbh_{inconf+2C} = 0$

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_conf_ch_corr}(h) \\ Nbh_{inconf} += 1 \end{aligned} \quad (2440)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_conf_ch_corr}(h) + 1 \\ Nbh_{inconf+1C} += 1 \end{aligned} \quad (2441)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_conf_ch_corr}(h) + 2 \\ Nbh_{inconf+2C} += 1 \end{aligned} \quad (2442)$$

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 ($I_{s_conf_adapt}(h)=1$ et $I_{occ_zone}(h)=1$).

$$DH = \sum_{\substack{h \text{ telle que} \\ (I_{s_occ_zone}(h)=1 \text{ et} \\ I_{s_conf_adapt}(h)=1)}} \max(0; \theta_{op}(h) - \theta_{op_conf_ch_corr}(h)) \quad (2443)$$

13.6 C CALC SOrties RCR

13.6.1 INTRODUCTION

L'objet de cette fiche est la détermination de l'indicateur RCR (Ratio de chaleur renouvelable ou de récupération).

13.6.2 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables de la fiche.

Entrées		
Nom	Description	Unité
$Q_{fou_Ch_gen}$	Chaleur fournie pour le chauffage par le générateur	kWh/m ² .an
$Q_{fou_ECS_gen}$	Chaleur fournie pour l'ECS par le générateur	kWh/m ² .an
Cep_Ch_zone	Energie primaire consommée pour le chauffage au niveau de la zone	kWh/m ² .an
Cep_ECS_zone	Energie primaire consommée pour l'ECS au niveau de la zone	kWh/m ² .an
Cep_Ch	Energie primaire consommée pour le chauffage au niveau du bâtiment	kWh/m ² .an
Cep_ECS	Energie primaire consommée pour l'ECS au niveau du bâtiment	kWh/m ² .an
Cep, nr_Ecs	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable pour l'usage ECS au niveau du bâtiment	kWh/m ² .an
Cep, nr_Ch	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable pour l'usage chauffage et ECS au niveau du bâtiment	kWh/m ² .an
Cep, nr	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable au niveau du bâtiment	kWh/m ² .an
$Deb_{EG}(t)$	Débit de l'eau froide	m ³ /s
$Temps_moyen_puisange_par_heure_{relies}(t)$	Temps moyen puisage par heure, qui est relié au récupérateur d'eaux grises	
Rho_{eau}	masse volumique de l'eau dans les conditions standards de pression et de température (P = 1atm, T=20°C)	kg/m ³
CP_{eau}	Chaleur massique de l'eau liquide dans les conditions = 1atm, T = 20°C)	Wh/(kg.°C)

Temp_CW_prechauff(t):	Température d'eau froide préchauffée par l'échangeur d'eaux grises	°C
Temp_CW(t)	Température de l'eau froide en entrée de l'échangeur d'eaux grises	°C

Variables internes

Nom	Description	Unité
$A_{epCR\&R}$	Chaleur renouvelable ou de récupération en énergie primaire par bâtiment.	kWhep/m ² .an
C_{ep,nr_Ch_Ecs}	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable pour l'usage chauffage et ECS au niveau du bâtiment	kWhep/m ² .an
$Q_{fou_Ch_ECS}$	Energie total fournie au niveau du bâtiment pour le chauffage et l'ECS	
$Q_{fou_Ch_{bat}}$	Energie total fournie par les générateurs au niveau du bâtiment pour le chauffage	
$Q_{fou_ECS_{bat}}$	Energie total fournie par les générateurs au niveau du bâtiment pour l'ECS	
$Q_{fou_ch_recup}$	Energie total fournie par les systèmes de récupération au niveau du bâtiment pour le chauffage	
$Q_{fou_ECS_recup}$	Energie total fournie par les systèmes de récupération au niveau du bâtiment pour l'ECS	
$Q_{fou_Ch_{zone}}$	Energie total fournie par les générateurs au niveau de la zone pour le chauffage	
$Q_{fou_ECS_{zone}}$	Energie total fournie par les générateurs au niveau de la zone pour l'ECS	

Sorties

Nom	Description	Unité
Niveau "Batiment"		
RCR	Ratio de chaleur renouvelable ou de récupération	-

Tableau 333 : Nomenclature du modèle

13.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

13.6.3.1 Calcul de l'indicateur RCR

Le calcul de la part renouvelable et des consommations est réalisé au niveau du bâtiment par système. On calcule la part de chaleur renouvelable ou de récupération en énergie primaire pour :

- chaque générateurs du bâtiment ;
- chaque système de récupération de chaleur sur eaux grises du bâtiment ;
- chaque systèmes de récupération de chaleur sur air extrait par ventilation DF, DAC ou DAV.

La formule de calcul de l'indicateur RCR par bâtiment est donnée par :

$$RCR = \frac{AepCR\&R_{bâtiment}}{AepCR\&R_{bâtiment} + Cep,ncr_{bâtiment}} \quad (2444)$$

Avec,

$Cep,ncr_{bâtiment}$: indicateur de consommation en énergie primaire **non chaleur renouvelable** du bâtiment (5 usages réglementaires et usages immobiliers). Il ne faut pas considérer l'autoconsommation électrique pour le calcul du RCR qui est un indicateur de chaleur renouvelable et de récupération. La formule est donc la suivante, il s'agit du Cep non renouvelable plus l'autoconsommation électrique pour les usages immobiliers à l'échelle du bâtiment.

$$Cep,ncr = Cep,nr + Eef_prod_PV_AC_annuel_immobilier + Eef_prod_coge_AC_annuel_immobilier \quad (2445)$$

$AepCR\&R_{bâtiment}$: Chaleur renouvelable et de récupération en énergie primaire pour l'ensemble des générateurs du bâtiment, des récupérations sur eaux grises du bâtiment et des ventilations avec récupération de chaleur sur air extrait du bâtiment. La formule de calcul est la suivante :

$$AepCR\&R_{bâtiment} = \sum_{\substack{\text{générateur} \\ \in \text{bâtiment}}} AepCR\&R_{gén} + \sum_{\substack{\text{eaux grises} \\ \in \text{bâtiment}}} AepCR\&R_{EG} + \sum_{\substack{\text{ventilation} \\ \in \text{bâtiment}}} AepCR\&R_{ven} \quad (2446)$$

13.6.3.2 Détail pour les générateurs

$AepCR\&R_{gén}$: Chaleur renouvelable pour le générateur. Calculé comme suit :

$$AepCR\&R_{gén} = \text{Max} (0, Q_{fouCh_ECS} - Cep,nr_{Ch_ECS}) \quad (2447)$$

Cep,nr_{Ch_ECS} : indicateur de consommation en énergie primaire non renouvelable du générateur pour les usages chauffage et ECS obtenu par :

$$Cep, nr_{Ch ECS} = Cep, nr_{générateur} * (ratCh_{génération} + ratECS_{génération}) \quad (2448)$$

Où $ratCh_{génération}$ est le ratio de consommation de la génération associée pour le poste Chauffage

$ratECS_{génération}$ est le ratio de consommation de la génération associée pour le poste ECS

Et

$Q_{fou Ch ECS}$ = Energie fournie pour le chauffage et pour l'ECS par un générateur.

$$Q_{fou Ch ECS} = Q_{fou Ch} + Q_{fou ECS} \quad (2449)$$

13.6.3.3 *Détail pour la récupération d'énergie sur les eaux grises au niveau du bâtiment*

$AepCR\&R_{EG}$: Chaleur renouvelable pour un système de récupération sur eaux grises. Il n'y a à ce jour pas de consommation de pompes prise en compte pour la récupération sur eaux grises, on a donc directement :

$$AepCR\&R_{EG} = Q_{fou EG} \quad (2450)$$

Et

$$Q_{fou EG} = \sum_{t=1}^{8760} Deb_{EG}(t) \times Temps_{moyen\text{puisagepar}\text{heure}\text{reliés}}(t) * Rho_{eau} * Cp_{eau} * \frac{(Temp_CW_prechauff(t) - Temp_CW(t))}{1000 * 3600} \quad (2451)$$

13.6.3.4 *Détail pour la ventilation*

$AepCR\&R_{ven}$: Chaleur renouvelable pour la récupération sur air extrait par une ventilation dotée d'un échangeur. Calculé comme suit :

$$AepCR\&R_{ven} = Max(0, Q_{fou ven} - Cep, nr ven) \quad (2452)$$

Pour la ventilation, on prend en compte la consommation du ventilateur de soufflage :

$$Cep, nr ven = \sum_{t=1}^{8760} P_{vent souff}(t) \quad (2453)$$

Et

$$Q_{fou ven} = \sum_{t=1}^{8760} Q_{m souff cond tot}(t) * Cp_{air} * \frac{(Temp souff sortie ech(t) - Temp souff entree ech(t))}{1000} \quad (2454)$$

13.7 C CALC Indicateurs pédagogiques en fonction du nombre d'occupants

13.7.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme décrit le calcul de la consommation (CEP) en fonction du nombre d'occupants.

Pour les usages tertiaires, le nombre d'occupants est déjà disponible (« Noccnom »). Cependant, en résidentiel seul l'indicateur NADEq est disponible. Cet indicateur traduit le nombre d'adultes équivalents pour le calcul des besoins d'ECS, et est basé sur la surface moyenne des logements.

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.

13.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 334 présente la nomenclature des différentes variables pour le calcul de l'Indicateur

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
$Nocc^{zn}$	Nombre total d'occupants de la zone	
Cep_annuel^{bat}	Consommation annuelle totale en énergie primaire du bâtiment	kWh _{ep} /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	kWh _{ep} /oc.c.an
Variables internes		
Nom	Description	Unité
$Nocc^{bat}$	Nombre total d'occupants du bâtiment	-

Tableau 334 : Nomenclature des différentes variables du modèle

13.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

13.7.3.1 Hypothèses sur le nombre d'occupants

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.

Le nombre d'occupants à saisir dans le calcul en résidentiel dépend du nombre et du type de logements présents dans le bâtiment. Une extraction de l'enquête national logement de 2013 donne le tableau suivant, qui présente une estimation du nombre d'occupants à prendre par type de logement.

Nombre de pièces	Nombre moyen d'occupants	Nombre d'occupants arrondi	Echantillon utilisé (nombre de réponses)
1	1.346	1	49
2	1.416	1	411
3	1.934	2	1722
4	2.445	2	4238
5	2.707	3	4103
6	2.886	3	2560
7	3.061	3	1192

Table 1 – Nombre d'occupants à prendre en compte en fonction du nombre de pièces des logements

Ces valeurs peuvent être utilisés à titre indicatif pour calculer la valeur de la balise correspondante au nombre total des occupants des bâtiments résidentiels.

Pour les bâtiments tertiaires les valeurs d'occupation issues des scénarios conventionnels peuvent être utilisées.

13.7.3.2 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 :

$$Nocc^{bat} = \sum_{zn \in bat} Nocc^{zn} \quad (2455)$$

La consommation annuelle par occupant est obtenue par la formule suivante :

Si $Nocc^{bat} = 0$ alors $Cep_annuel_par_occ^{bat} = 0$ sinon

$$Cep_annuel_par_occ^{bat} = \frac{Cep_annuel^{bat} * SREF^{bat}}{Nocc^{bat}} \quad (2456)$$

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)

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

PV : Photovoltaïque

SF : Simple Flux

SSC : Système Solaire Combiné