

ANNEXE

Ajouts à la méthode de calcul détaillée « Th-BCE 2020 »

SOMMAIRE

16.10	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_HELIOPAC.....	5
16.10.1	Introduction.....	5
16.10.2	Champ d'application	6
16.10.3	Méthode de prise en compte	6
16.11	C_GEN_POMPE A CHALEUR MULTIFONCTION ACQUAREVIA+	40
16.11.1	Introduction.....	40
16.11.2	Champ d'application	40
16.11.3	Nomenclature	40
16.11.4	Description mathématique	45
16.12	C_GEN_AUER CHAUFFE EAU THERMODYNAMIQUE_EDEL EAU	53
16.12.1	Introduction.....	53
16.12.2	Champs d'application.....	53
16.12.3	Procédure d'utilisation du système.....	53
16.12.4	Nomenclature	56
16.12.5	Description mathématique	61
16.13	C_GEN_PAC_SUR_EAUX_GRISES	69
16.13.1	Description générale	69
16.13.2	Domaine d'application.....	69
16.13.3	Méthode de prise en compte	70
16.13.4	Fiche algorithme : Calcul du volume d'eaux grises avec prise en compte des eaux de lavage Pour le système PAC sur eaux grises type ERS et FACTEUR 7.....	70
16.13.5	Fiche algorithme : Source amont pour le système PAC sur eaux grises avec stockage type ERS et FACTEUR 7.....	79
16.13.6	Fiche algorithme : PAC Sur eaux grises Type ERS et FACTEUR 7.....	99
16.13.7	Fiche algorithme : Ballon base PAC FACTEUR 7 échangeur AS instantané pour le système PAC FACTEUR 7	114

16.13.8	<i>Fiche algorithme : gestion régulation base ballon pour le système PAC FACTEUR 7</i>	119
16.13.9	<i>Fiche algorithme : ballon de stockage pour le système PAC FACTEUR 7</i>	126
16.14	C_GEN_RADIAEUR NUMERIQUE Q.RAD	132
16.14.1	<i>Introduction</i>	132
16.14.2	<i>Champs d'application</i>	132
16.14.3	<i>Nomenclature</i>	133
16.14.4	<i>Description mathématique</i>	136
16.15	C_GEN_CHAUDIERE NUMERIQUE ET RECHAUFFEUR DE BOUCLE QB1	141
16.15.1	<i>Introduction</i>	141
16.15.2	<i>Champ d'application</i>	142
16.15.3	<i>Chaudière numérique – chauffage de base du ballon</i>	143
16.15.4	<i>Chaudière numérique - réchauffeur de boucle</i>	145
16.16	C_GEN_APPOINT THERMODYNAMIQUE (ECS ET DOUBLE SERVICE)	150
16.16.1	<i>Introduction</i>	150
16.16.2	<i>Champ d'application</i>	152
16.16.3	<i>Nomenclature</i>	152
16.16.4	<i>Description Algorithmique</i>	158
16.17	C_MTA_AUER_LOGIX	166
16.17.1	<i>Définition du système</i>	166
16.17.2	<i>Domaine d'application</i>	166
16.17.3	<i>Méthode de prise en compte du système</i>	167
16.18	C_VEN_VMC_THERMODYNAMIQUE_DOUBLE_FLUX	175
16.18.1	<i>Introduction</i>	175
16.18.2	<i>Champ d'application</i>	177
16.18.3	<i>Procédure d'application de la méthode</i>	178
16.18.4	<i>Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable : fiche algorithme pour la partie ventilation</i>	184
16.18.5	<i>Description mathématique</i>	192

16.18.6	<i>Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable : outil de conversion des résultats d'essais selon la norme EN 13141-7 pour utilisation dans le moteur règlementaire.....</i>	206
16.19	C_GEN_GECO_PKOM ⁴ CLASSIC	214
16.19.1	<i>Introduction.....</i>	214
16.19.2	<i>Champ d'application</i>	214
16.19.3	<i>Nomenclature</i>	215
16.19.4	<i>Description mathématique</i>	221
16.20	C_GEN_PRECHAUFFAGE DE L'AIR INSUFFLE DANS LE BATIMENT PAR SYSTEMES SYSTOVI R-SUN, R-VOLT 239	
16.20.1	<i>Introduction.....</i>	239
16.20.2	<i>Champ d'application</i>	239
16.20.3	<i>Nomenclature</i>	240
16.20.4	<i>Description Algorithmique</i>	247
16.21	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_YACK_BIONIC	266
16.21.1	<i>Introduction.....</i>	266
16.21.2	<i>Champ d'application</i>	266
16.21.3	<i>Nomenclature</i>	267
16.21.4	<i>Description mathématique</i>	278
16.22	C_GEN_TWIDO PRODUCTION ECS PHOTOVOLTAÏQUE.....	309
16.22.1	<i>Introduction.....</i>	309
16.22.2	<i>Champ d'application</i>	309
16.22.3	<i>Nomenclature</i>	310
16.22.4	<i>Description mathématique</i>	313
16.23	C_GEN_RECUPERATION_DE_CHALEUR_SUR_CHAMBRES_FROIDES_BOOSTHERM	317
16.23.1	<i>Introduction.....</i>	317
16.23.2	<i>Champ d'application</i>	317
16.23.3	<i>Nomenclature</i>	319
16.23.4	<i>Description Algorithmique</i>	321
16.24	C_GEN_RECUPERATION_DE_CHALEUR_SUR_INSTALLATIONS_FRIGORIFIQUES_RIDEL_ENERGY	329

16.24.1	<i>Introduction.....</i>	329
16.24.2	<i>Champ d'application</i>	329
16.24.3	<i>Nomenclature</i>	329
16.24.4	<i>Description Algorithmique</i>	335

16.10 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_heliopac

16.10.1 INTRODUCTION

Les systèmes Heliopacsystem®, Heliopacsystem+® et Geopacsystem® sont des systèmes thermodynamiques à compression électrique eau glycolée/eau ou eau tempérée/eau permettant d'assurer de manière centralisée l'une des fonctions suivantes :

- le préchauffage de l'ECS,
- la fonction double service avec « stratification dynamique »,
- le chauffage seul,
- la production d'ECS avec « stratification dynamique »

Heliopacsystem® repose sur l'association entre une PAC Eau glycolée/Eau et un champ de capteurs solaires tubulaires non vitrés dans lequel circule l'eau glycolée.

Heliopacsystem+® correspond à une variante du système Heliopacsystem®. Son principe de fonctionnement est identique, la seule différence entre ces deux solutions se situe au niveau du champ de capteurs solaires qui est composé de panneaux non vitrés photovoltaïques et thermiques (PVT) au lieu des capteurs solaires tubulaires non vitrés, uniquement thermiques.

Geopacsystem® repose sur le même principe de fonctionnement qu'Heliopacsystem®. Ces systèmes se différencient au niveau de la source amont qui peut être de l'eau issue d'une nappe, d'un forage géothermique, de l'eau glycolée circulant dans des capteurs géothermiques verticaux ou horizontaux ou encore toute autre source d'eau tempérée.

Fonction préchauffage de l'ECS:

Dans cette configuration, le générateur est associé en tant que base à un élément de stockage avec appoint intégré ou séparé. Il assure uniquement le préchauffage de l'ECS, c'est-à-dire une montée en température inférieure à 55°C. La consigne de température peut être soit fixe, soit dynamique (en fonction de la période de l'année).

Fonction double service :

En fonctionnement double service, la PAC Eau/Eau est associée à un élément de stockage dont elle assure soit uniquement le préchauffage de l'ECS, soit la montée complète en température de l'ECS au niveau requis (55°C). Pour assurer la fonction chauffage, la PAC Eau/Eau est raccordée au circuit dédié en amont du générateur d'appoint.

Fonction chauffage seul :

Dans le cas où la PAC Eau/Eau assure uniquement la fonction chauffage, elle est raccordée au circuit de distribution en amont du générateur d'appoint - composant propre « Heliopacsystem®SS ».

Fonction production d'ECS avec « stratification dynamique » :

Le volume de stockage permet une séparation en deux zones distinctes de manière à assurer le principe de « stratification dynamique » en deux zones dites de « Stock » et « Stratégique », nécessaire au fonctionnement optimal du système : le système thermodynamique doit pouvoir alimenter chacune de ces zones. Le ou les ballons composant le stockage doivent être assemblés, connectés et régulés selon les modalités définies au niveau du présent arrêté. Dans le cas où il y a un seul ballon composant le stockage, il doit y avoir quatre piquages : deux pour l'alimentation de la partie stratégique (délimitant la zone « Stratégique »), et deux permettant l'alimentation de la partie stock (délimitant la zone de « Stock »).

Un appoint est systématiquement associé au système et permet d'assurer la production de l'ECS pour les cas de températures amont extrêmes où la pompe à chaleur ne peut pas fonctionner. Cet appoint doit être positionné au niveau du premier tiers supérieur de la zone « Stratégique » (faux=0,33).

16.10.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiment soumis à la réglementation environnementale 2020.

16.10.3 METHODE DE PRISE EN COMPTE

Fonction préchauffage de l'ECS et double service:

Suivant le dimensionnement du système, le composant « Heliopacsystem®DS » peut être intégré en tant que base au sein d'un des assemblages suivants :

- « Assemblage ballon base avec échangeur et appoint intégré »
- « Assemblage ballon base avec échangeur et avec appoint ballon séparé »,
- « Assemblage ballon base plus appoint séparé instantané »,

Fonction chauffage seul:

Le composant propre « Heliopacsystem®SS_CH » est utilisé

Fonction production d'ECS avec « stratification dynamique »

L'algorithme de calcul se compose d'un assemblage « Production stockage » gérant l'appel des procédures intégrées aux 3 différents modules dénommés :

- « Ballons stockage »,
- « Boucle solaire »,
- « PAC »

Les étapes de calcul de cet assemblage s'appuient sur celles mises en œuvre dans la méthode de calcul Th-BCE pour la modélisation d'une production d'ECS avec stockage de type « Ballon base échangeur avec appoint séparé dans ballon ».

Elles ont été adaptées de manière à prendre en compte les spécificités liées au principe de fonctionnement par « stratification dynamique » :

- Le générateur thermodynamique assure la charge du ou des ballons de stockage, « Stock » et « Stratégique », avec priorité à la charge du ballon « Stratégique ».

- L'appoint assure uniquement la charge du dernier tiers du ballon « Stratégique ». La modélisation des systèmes Heliopacsystem® ou Geopacsystem® se distingue au niveau des étapes 4 à 6 (dénommées G4 à G6 pour Geopacsystem®). Les autres séquences de calcul sont par ailleurs strictement identiques.

16.10.3.1. *Nomenclatures du modèle*

16.10.3.1.1. Module boucle solaire

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$T_{\text{sortie_PAC}}(h-1)$	Température en sortie de PAC au pas de temps précédent	°C			
$T_{\text{charge_PAC}}(h-1)$	Taux de charge total de la PAC au pas de temps précédent	Réel			
$H_s(h)$	Gamma : hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon	°	-90	90	
$A_s(h)$	Azimut du soleil	°	-180	180	
$I_{sr}^*(h)$	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²			
$V_{\text{vent}}(h)$	Vitesse du vent	m/s			
$T_e(h)$	Température extérieure d'air sec	°C			
$T_{\text{ciel}}(h)$	Température du ciel	°C			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Alpha	Orientation des capteurs solaires sous forme d'angle (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	°	0	360	
Beta	Inclinaison des capteurs solaires (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°	0	90	
S_{capteur}	Superficie totale de capteurs solaires (superficie d'entrée)	m ²	0	$+\infty$	
$Rat_{\text{capt_masq}}$	Pourcentage de la surface totale de capteurs masquée en permanence (ex : capteurs Solerpool superposés)	%	0	100	
U_e	Coefficient de pertes thermiques de la tuyauterie vers l'extérieur	W/K	0	$+\infty$	
K_0	Facteur d'angle d'incidence	-	0	1	
η_0	Rendement optique du capteur	-	0	2	
b_u	Coefficient de dépendance au vent du rendement optique	s/m	0	$+\infty$	
b_1	Coefficient de pertes du premier ordre du capteur	W/(m ² .K)	0	$+\infty$	

b_2	Coefficient de dépendance au vent du coefficient de pertes	$W.s/(m^3.K)$	0	$+\infty$
P_{circu_prim}	Puissance du circulateur de la boucle solaire (entre PAC et capteurs)	W	0	$+\infty$
Sorties				
Nom	Description	Unité		
$T_{sortie_boucle_sol}(h)$	Température en sortie de boucle solaire	°C		
Variables internes				
Nom	Description	Unité		
$Q_{er}^*(h)$	Densité de flux de chaleur des capteurs vers la voûte céleste	W/m²	-	
Dv_{boucle_sol}	Débit volumique d'eau glycolée circulant au niveau de la boucle solaire	L/h	0	$+\infty$
$T_{entree_capteur}(h)$	Température en entrée des capteurs	°C	-	
$T_{sortie_capteur}(h)$	Température en sortie des capteurs	°C	-	
$T_{sortie_boucle_sol}(h)$	Température en sortie de boucle solaire	°C	-	
Constantes				
Nom	Description	Unité	Conv.	
ρ_{wg}	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/L	1,040	
c_{wg}	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	Wh/(kg.K)	1,042	
h_{re}	Coefficient d'échange radiatif entre les capteurs et le ciel	W/m².K	5,5	

Tableau 1 : Nomenclature des différentes variables du module Boucle solaire

16.10.3.1.2. Module PAC

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de pompe à chaleur HELIOPAC en mode double service. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
$h_{\text{leg}}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h	
$\theta_{\text{amont}}(h)$	Température de la source amont	°C	
Génération	$\theta_{\text{aval,ecs}}(h)$	Températures de la source aval pour chaque poste	
	$Q_{\text{req}}(h)$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	

$Q_{\text{req_strat_PAC}}(h)$	Energie requise à fournir par la PAC au ballon stratégique	Wh
$Q_{\text{req_stock_PAC}}(h)$	Energie requise à fournir par la PAC au ballon stock	Wh
$R_{\text{puis_dispo}}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$i_{\text{ECS_seule}}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Statut_Donnee	O ;Certifié 1 : Justifié 2 : Déclaré 3 :Par défaut	Ent	0	3	
COP_pivot	Valeur pivot du COP à +10/45°C	-	0	$+\infty$	
Pabs_pivot	Valeur pivot de la puissance électrique absorbée à +10/45°C	kW	0	$+\infty$	
COP_10_65	Valeur du COP à +10/65°C	{-}	0	$+\infty$	
Pabs_10_65	Valeur de la puissance électrique absorbée à +10/65°C	kW	0	$+\infty$	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
$P_{\text{circu_second}}$	Puissance du circulateur pour le circuit secondaire (entre PAC et ballons)	W	0	$+\infty$	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Typo_emetteur_ECS	Inertie du système d'émission principal utilisé avec le générateur thermodynamique en mode chauffage et/ou refroidissement <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	Min	Max	Conv.
$Q_{\text{fou_PAC_strat}}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh			
$Q_{\text{cons_PAC_strat}}(h)$	Consommation horaire de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh			
$T_{\text{charge_PAC_strat}}(h)$	Taux de charge de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Réel			

$W_{aux_pro_PAC_strat}(h)$	Consommation des auxiliaires pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$\Phi_{sout_PAC_strat}(h)$	Énergie soutirée à la source amont pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$Q_{fou_PAC_stock}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh
$Q_{cons_PAC_stock}(h)$	Consommation horaire de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$T_{charge_PAC_stock}(h)$	Taux de charge de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Réel
$W_{aux_pro_PAC_stock}(h)$	Consommation des auxiliaires pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$\Phi_{sout_PAC_stock}(h)$	Énergie soutirée à la source amont pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh
$T_{charge_PAC}(h)$	Taux de charge total de la PAC	Réel
$T_{charge_PAC}(h-1)$	Taux de charge total de la PAC au pas de temps précédent	Réel
$T_{sortie_PAC}(h)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur)	°C
$T_{sortie_PAC}(h-1)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur) au pas de temps précédent	°C
$Q_{fou_PAC_strat}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité	
$ValCOP_{10_55}$	Valeur du COP à +10/55°C interpolée entre la valeur pivot et la valeur à +10/65°C	-	
$ValPabs_{10_55}$	Valeur de la puissance absorbée à +10/55°C interpolée entre la valeur pivot et la valeur à +10/65°C	kW	
$ValCOP(\theta_{amont} ; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation du COP au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-	1
$ValPabs(\theta_{amont} ; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-	1
$P_{aux}(h)$	Puissance des auxiliaires	Wh	

$Fonc_compr$	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent.
---------------	---	------

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP ou EER propre à chaque technologie et à chaque mode		3,4
$Rat_{basc,fr-ECS}$	Délai de basculement entre la fonction ECS et refroidissement	h	0,25

Tableau 2 : Nomenclature des différentes variables du module Pompe à chaleur Simple service ECS

16.10.3.1.3. Module « production stockage » avec stratification dynamique Heliopac

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de ballons de stockage à stratification dynamique. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Q_{fou_PAC_strat}(h)$	Énergie fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh	-	-	-
$Q_{fou_PAC_stock}(h)$	Énergie fournie par la PAC au ballon « stock »	Wh	-	-	-
$Q_{fou_app_strat}(h)$	Énergie fournie par le générateur d'appoint au ballon « stratégique »	Wh	-	-	-
$Q_{req-ecs}(h)$	Demande en énergie en ECS	Wh	-	-	-
$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C			
$Teau(h)$	Température d'eau froide du réseau	°C			
$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C			
$Tecs_max^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération	°C			

Paramètres du module¹

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Type_système</i>	Type de système associé au stockage 0 : Heliopacsystème 1 : Geopacsystème	Ent	0	1	-
<i>Name</i>	Nom du composant				
<i>Index</i>	Identifiant unique d'un composant				
<i>V_{tot_strat}</i>	Volume total du ballon « stratégique »	L	0	+∞	-
<i>Statut_UA_strat</i>	Statut de la valeur UA du ballon « stratégique » : 0 : Certifiée 1 : Justifiée	Ent.	0	1	-
<i>V_{tot_stock}</i>	Volume total du ballon « stock »	L	0	+∞	-
<i>Statut_UA_stock</i>	Statut de la valeur UA du ballon « stock » : 0 : Certifiée 1 : Justifiée	Ent.	0	1	-
<i>UA_stock</i>	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stock »	W/K	0	+∞	-
<i>UA_strat</i>	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stratégique »	W/K	0	+∞	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Q_{w_sto_unit_report}(h)</i>	Besoin d'énergie non couvert en sortie du ballon « stratégique », reportée au pas de temps suivant	Wh	0	+∞	-
<i>Q_{req_strat_PAC}(h)</i>	Énergie requise à fournir au ballon « stratégique » par la PAC	Wh	0	+∞	-
<i>Q_{req_stock_PAC}(h)</i>	Énergie requise à fournir au ballon « stock » par la PAC	Wh	0	+∞	-
<i>Q_{req_stock_app}(h)</i>	Énergie requise à fournir au ballon « stratégique » par le générateur d'appoint	Wh	0	+∞	-
<i>Q_{fou}(h)</i>	Energie total effectivement fournie par les générateurs de base et d'appoint	Wh	0	+∞	
<i>Q_{cons}(h)</i>	Consommation horaire en énergie finale	Wh	0	+∞	
<i>Q_{rest}(h)</i>	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	+∞	
<i>Q_{cef(fonct ; en)} (h)</i>	Consommation en énergie finale de l'assemblage, présenté sous forme de matrice	Wh	0	+∞	
<i>T_{charge}(h)</i>	Taux de charge de la PAC	Réel	0	1	

¹ Rentrés par l'utilisateur

$\theta_{\text{aval,app}}(h)$	Température aval du générateur d'appoint	°C			
$T_{z_strat}(h)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps courant	C°	-		-
$T_{z_strat}(i)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » lors de l'itération i	C°	-		-
$T_{z_stock}(h)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps courant	C°	-		-
$T_{z_stock}(i)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » lors de l'itération i	C°	-		-
$Pe_{strat}(h)$	Pertes thermiques totales du ballon « stratégique »	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{stock}(h)$	Pertes thermiques totales du ballon « stock »	Wh	0	$+\infty$	-
$W_{aux_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{pr_elec}(h)$	Production électrique de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement de l'assemblage en ECS	Réel	0	1	

Variables internes²

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Id_{fou-sto}$	Fonction de l'élément de stockage compris dans la génération 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	0	5	3
$Id_{En_Gen_PAC}$	Type d'énergie qu'utilise la PAC 50 : Electricité	Ent	10	69	50
$Id_{En_Gen_app}$	Type d'énergie qu'utilise le générateur d'appoint	Ent	10	69	
$Id_{fou_Gen_app}$	Fonction de l'appoint compris dans la génération 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	3	4	
UA_strat_utile	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stratégique » corrigé suivant son statut	W/K	0	$+\infty$	-
UA_stock_utile	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stock » corrigé suivant son statut	W/K	0	$+\infty$	-
Nb_{iter}	Nombre maximum d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé V_p	Ent.	-		-
i	Numéro de l'itération en cours	Ent.	-		-

² Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$Q_{w_sto_unit_report}(i)$	Besoin d'énergie non couvert en sortie du ballon « stratégique », reportée à l'itération i suivante	Wh	0	$+\infty$	-
$Nbh_{report}(h)$	Nombre d'heure où le besoin n'a pas été couvert en sortie du ballon « stratégique », message d'alerte si $>24h$	H	0	24	-
$Q_{w_sto_unit}(i)$	Besoins d'énergie requis en sortie du ballon stratégique lors de l'itération i	Wh	0	$+\infty$	-
z	Numéro de la zone du ballon « stratégique » ou « stock »	Ent.	1	4	-
V_{z_strat}	Volume de chaque zone "z" du ballon « stratégique »	L	0	$+\infty$	-
V_{z_stock}	Volume de chaque zone "z" du ballon « stock »	L	0	$+\infty$	-
V_{z_min}	Volume de la zone la plus petite des ballons de stockage «stratégique » et « stock »	L	0	$+\infty$	-
$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps courant	L	0	$+\infty$	-
$V_p(i)$	Volume puisé lors de l'itération i	L	0	V_{z_min}	-
$T_{z_strat}(h-1)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps précédent	C°	-		-
$T_{z_strat}(h-2)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps $h-2$	C°	-		-
$T_{z_stock}(h-1)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps précédent	C°	-		-
$T_{z_stock}(h-2)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps $h-2$	C°	-		-
$Pe_{z_strat}(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stratégique »	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{z_strat}(h-1)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stratégique » au pas de temps précédent	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{z_stock}(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stock »	Wh	0	$+\infty$	-
$Pe_{z_stock}(h-1)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stock » au pas de temps précédent	Wh	0	$+\infty$	-
T_{entree_PAC}	Température en entrée de la PAC	°C			
$P_{max_app}(h)$	Puissance maximale du générateur d'appoint	W	0	$+\infty$	
$P_{max_Geopac}(h)$	Puissance maximale de la Geopac	W	0	$+\infty$	
$P_{aux_Geopac}(h)$	Puissance des auxiliaires de la PAC pour Type_systeme = 1	W	0	$+\infty$	
$W_{aux_pro_appt}(h)$	Consommation des auxiliaires du générateur d'appoint	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{cons_app_strat}(h)$	Consommation horaire de l'appoint pour fournir l'énergie requise par le ballon « stratégique »	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{pr_elec_app}(h)$	Production électrique du générateur d'appoint	Wh	0	$+\infty$	
UA_{hx}	Coefficient d'échange de l'échangeur situé entre le ballon « stratégique » et le générateur d'appoint	W/K	0	$+\infty$	

$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques transmises vers l'ambiance	Wh	0	$+\infty$	
C_{cor}	Coefficient de correction prenant en compte les puissances disponibles et requises pour l'approvisionnement du ballon « stock »	Réel	0	1	-
Id_{fluide_aval}	Identificateur du fluide aval : 1 :Eau 2 :Air	Ent	1	2	1
$Id_{priorite_ecs}$	Indice de priorité de l'assemblage pour la production d'ECS	Ent	1	$+\infty$	1

Constantes³

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
f_{aux}	Fraction effective concernée par l'appoint du ballon « stratégique » (avec appoint en zone n°3)	-	[0 ;1]	0,33
ΔT_{hyst}	Hystérésis des thermostats des ballons	°C	-	5
T_{cons_ball}	Température de consigne des ballons « stratégique » et « stock »	°C	-	55
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

Tableau 3 : Nomenclature du modèle

16.10.3.2. Fonction Préchauffage de l'ECS et double service

16.10.3.2.1. Module boucle solaire

Le débit d'eau glycolée $D_{vboucle_sol}$ (L/h) circulant au niveau de la boucle solaire dépend du nombre de Solerpac associé au stockage ($Rdim$) :

$$D_{vboucle_sol} = (Rdim + 1) * 1000 \quad (1)$$

La température en sortie de PAC à h-1 pour le premier pas de temps est considérée égale à la température extérieure au premier pas de temps :

$$T_{sortie_pac}(0) = T_e(0) \quad (2)$$

La modélisation du fonctionnement passe par trois étapes :

- 1) Le calcul de la température du fluide amont du générateur par la boucle solaire
- 2) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources
- 3) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

Calcul de la température du fluide amont

³ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

La température en entrée de boucle solaire est calculée à partir de la température en sortie de PAC au pas de temps précédent. La moitié des pertes thermiques de la tuyauterie vers l'extérieur est retranchée. L'équation suivante traduit cette modalité de calcul:

$$T_{entree_{capteur}}(h) = T_{sortie_{pac(h-1)}} - \left(Ue * \frac{T_{sortie_{pac(h-1)}} - T_e(h)}{2 * Dv_{boucle_{sol}} * \rho w g * c w g} \right) \quad (3)$$

La prise en compte du rayonnement du capteur vers la voûte céleste (Q_{er}^*) s'effectue de la manière suivante. La condition $H_s > 0,01^\circ$ permet de distinguer la période diurne de la période nocturne. Dans le premier cas, Q_{er}^* est considéré nul, dans le second cas l'équation utilisée pour son calcul est issue de la méthode Th-BCE.

Si $H_s > 0,01$

$$Q_{er}^* = 0 \quad (4)$$

Sinon

$$Q_{er}^* = h r e * (T_{ciel(h)} - T_e(h)) * MAX(0; \cos(\beta)) \quad (5)$$

La température en sortie de capteur est déterminée à partir de l'équation ci-dessous. Cette équation est issue du bilan énergétique entre l'entrée et la sortie du système de captage et de la formulation en fonction des paramètres mesurés η_0 , K_θ , b_1 , b_2 , et bu décrite au niveau de la norme EN 12975.

$$T_{sortie_{capteur}}(h) = (S_{capteur} * \left(1 - \frac{Rat_{capt_{masq}}}{100}\right) * [Q_{er}^* + Isr * \eta_0 * K_\theta * (1 - bu * V_{vent})] + S_{capteur} * (b_1 + b_2 * V_{vent}) * \left(T_e(h) - \frac{T_{entree_{capteur}}(h)}{2}\right) + Dv_{boucle_{sol}} * \rho w g * c w g * T_{entree_{capteur}}) / (Dv_{boucle_{sol}} * \rho w g * c w g + \frac{1}{2} * S_{capteur} * (b_1 + b_2 * V_{vent})) \quad (1)$$

Le facteur multiplicatif appliqué au terme de l'équation lié à l'énergie radiative permet la prise en compte du cas de capteurs Solerpool® superposés où une partie de la surface est alors masquée en permanence. Le paramètre $Rat_{capt_{masq}}$ traduit le pourcentage de la surface totale masquée, cette donnée est renseignée par l'utilisateur.

La température d'eau glycolée en sortie de boucle solaire est ensuite déterminée en appliquant la seconde moitié des pertes de la tuyauterie vers l'extérieur

$$T_{sortie_{boucle}}(h) = T_{sortie_{capteur}}(h) - \left(Ue * \frac{T_{sortie_{pac(h-1)}} - T_e(h)}{2 * Dv_{boucle_{sol}} * \rho w g * c w g} \right) \quad (6)$$

Cette température correspond à la température en entrée de PAC (T_{entree_PAC}) au pas de temps courant.

16.10.3.2.2. Module PAC

16.10.3.2.2.1. Statut des performances

Le statut des performances (COP_pivot et COP_10_65) peut correspondre à l'un des quatre cas suivants :

- Certifié : les valeurs de COP saisies sont certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511.

- Justifié : les valeurs de COP saisies sont justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : les valeurs de calcul sont égales à 0.9 x valeur saisie.

- Déclaré : la valeur du COP pivot utilisée dans le calcul est égale à MIN[0,8 x valeur saisie ; COP_util_max].

- Par défaut : la valeur du COP pivot utilisée dans le calcul est égale à 0,8 x COP_util_max.

16.10.3.2.2.2. Matrice de performance

1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice de performance se compose des points suivants :

		Matrice de performance				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
θ _{amont} (°C) →		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
θ _{aval} (°C)	5	Multiplication par C _{nam} _COP(X;8,5)		COP_pivot x C _{nav} _COP(X;45)	Multiplication par C _{nam} _COP(X;8,5)	
	15					
	25					
	35					
	45	COP_pivot x C _{nam} _COP(X;8,5)		COP_pivot (Saisie)	COP_pivot x C _{nam} _COP(X;8,5)	
	55	COP_10_55 x C _{nam} _COP(X;8,5)		COP_10_55 (Interpolée)	COP_10_55 x C _{nam} _COP(X;8,5)	
	65	COP_10_65 x C _{nam} _COP(X;8,5)		COP_10_65 (Saisie)	COP_10_65 x C _{nam} _COP(X;8,5)	

La valeur du COP à +10/55 (Val_COP_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45) et de la valeur +10/65°C.

$$\text{COP}_{10_55} = 55 * \frac{\text{COP}_{10_65} - \text{COP}_{\text{pivot}}}{65 - 45} - \frac{\text{COP}_{10_65} * 45 - \text{COP}_{\text{pivot}} * 65}{65 - 45} \quad (7)$$

Par défaut, la méthode Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Le coefficient de correction à une température amont X°C est donc calculé de la manière suivante :

$$\text{C}_{\text{nam_COP}}(X; 8,5) = 1 + 0,02 * (X - 8,5) \quad (8)$$

De même pour la variation du COP en fonction de la température aval :

$$\text{C}_{\text{nav_COP}}(X; 8,5) = 1 + 0,02 * (45 - X) \quad (9)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice de performance				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			0,8		
	65			0,6		

16.10.3.2.2.3. Matrice des puissances absorbées

1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice des puissances absorbées se compose des points suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	5	Multiplication par $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_pivot x $C_{\text{nnav_Pabs}}(X;45)$	Multiplication par $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	Pabs_pivot x $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_pivot (Saisie)	Pabs_pivot x $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$	
	55	Pabs_10_55 x $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_10_55 (Interpolée)	Pabs_10_55 x $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$	
	65	Pabs_10_65 x $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$		Pabs_10_65 (Saisie)	Pabs_10_65 x $C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5)$	

La valeur de la puissance absorbée à +10/55°C (Val_Pabs_10_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45°C) et de la valeur à +10/65°C :

$$P_{\text{abs_10_55}} = 55 * \frac{P_{\text{abs_10_65}} - P_{\text{abs_pivot}}}{65 - 45} - \frac{P_{\text{abs_10_65}} * 45 - P_{\text{abs_pivot}}}{65 - 45} \quad (10)$$

Par défaut, la méthode Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Le coefficient de correction à une température amont X°C est donc calculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nnam_Pabs}}(X;8,5) = 1 + 0,01 * (X - 8,5) \quad (11)$$

De même pour la variation du COP en fonction de la température aval :

$$C_{\text{nnav_Pabs}}(X;8,5) = 1 + 0,01 * (45 - X) \quad (12)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			0,9		
	65			0,8		

La température de consigne de chauffe de l'ECS, notée Tcons, est variable en fonction du mois de l'année (IMOIS). Le tableau ci-après donne la valeur utilisée dans le calcul :

IMOIS	Tcons (°C)
1 (Janvier)	Tcons_hiver
2 (Février)	Tcons_hiver
3 (Mars)	Tcons_hiver
4 (Avril)	Tcons_hiver
5 (Mai)	Tcons_ete
6 (Juin)	Tcons_ete
7 (Juillet)	Tcons_ete
8 (Août)	Tcons_ete
9 (Septembre)	Tcons_ete
10 (Octobre)	Tcons_hiver
11 (Novembre)	Tcons_hiver
12 (Décembre)	Tcons_hiver

Tcons_hiver et Tcons_ete sont des paramètres saisis par l'utilisateur.

16.10.3.2.2.4. Puissances des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, Paux (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, Taux :

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{abs_pivot}} * T_{\text{aux}} \quad (13)$$

Le statut de la valeur de Taux (Statut_Taux) peut correspondre aux trois cas suivants :

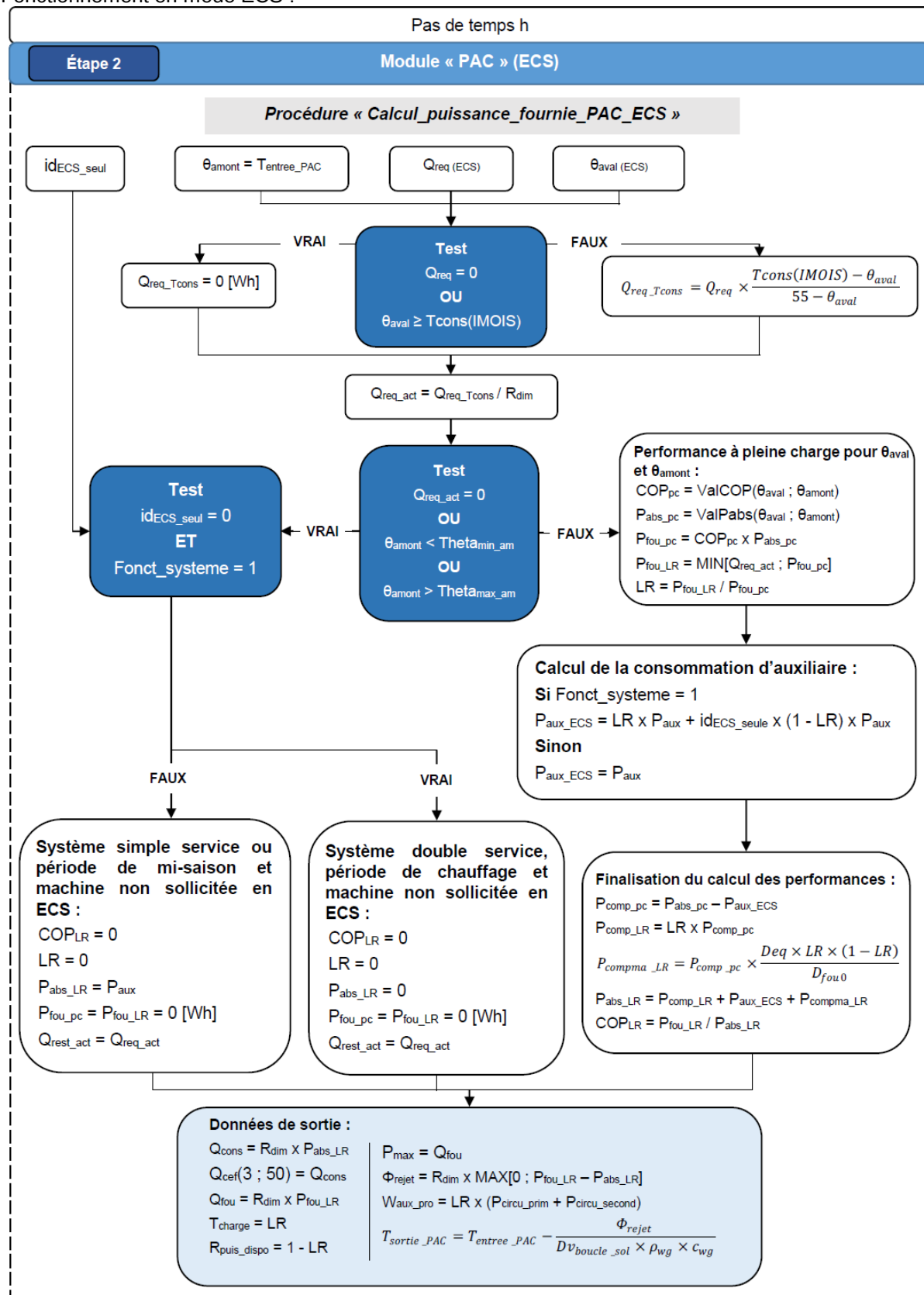
1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,

2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,

3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

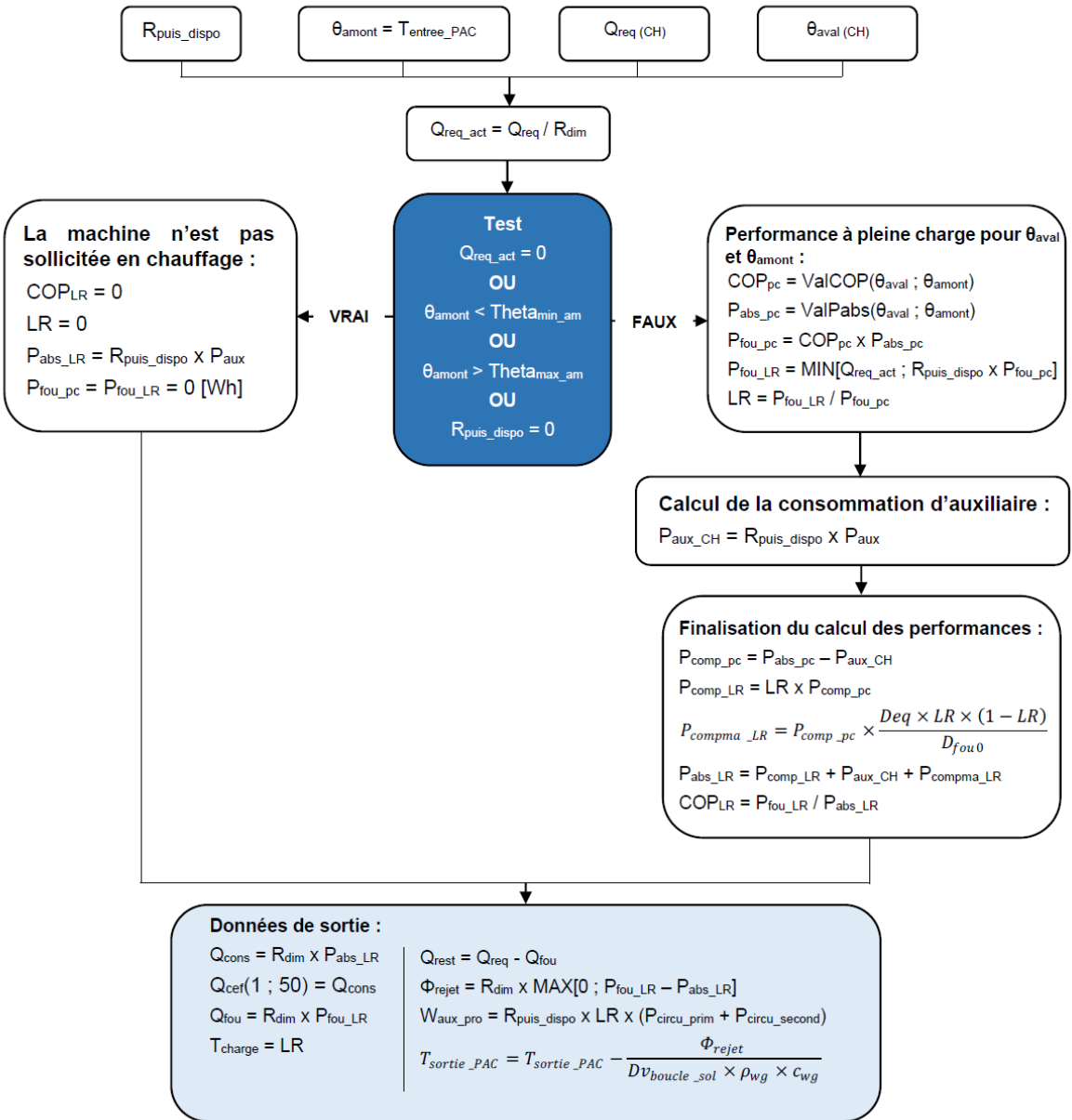
16.10.3.2.3. Algorithme de prise en compte au pas de temps horaire

Fonctionnement en mode ECS :



Fonctionnement en mode chauffage (si $Fonct_systeme = 1$)

Procédure « Calcul_puissance_fournie_PAC_CH »



16.10.3.3. *Fonction Chauffage seul*

16.10.3.3.1. Module boucle solaire

Cf. 16.10.3.2.1

16.10.3.3.2. Module PAC

16.10.3.3.2.1. *Matrice d'interpolation*

La matrice servant à interpoler le COP et la puissance absorbée Pabs est la suivante.

		Matrice des puissances absorbées				
θ_{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ_{amont} → (°C)	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	25					
	35			Pivot		
	45					
	55					
	65					

16.10.3.3.2.2. *Matrice de performance COP*

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,

- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à MIN(0,8 x Valeur déclarée, Val_util_max),

- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à 0,8 x Val_util_max

Val_util_max est définie égale à 4,7.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,

- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nam_COP}(X; 8,5) = 1 + 0,02 * (X - 8,5) \quad (14)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance COP					
		Tretour	-5	0	10	20	50
		Tdép art	-8	-3	7	17	47
		θ _{amont} (°C)	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
		Priorité	5	3	1	2	4
θ _{aval} (°C)	23,5 (25/22)	4					
	32,5 (35/30)	1	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	42,5 (45/40)	2					
	51 (55/47)	3					
	60 (65/55)	5					

16.10.3.3.2.3. Matrice des puissances absorbées

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,

- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,

- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation de la puissance absorbée de 1% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam_Pabs}(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (X - 8,5) \quad (15)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice des puissances absorbées					
			Tretour	-5	0	10	20	50
			Tdépart	-8	-3	7	17	47
			θ _{amont} (°C)	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
			Priorité	5	3	1	2	4
θ _{aval} (°C)	23,5 (25/22)	4						
	32,5 (35/30)	1	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40	
	42,5 (45/40)	2						
	51 (55/47)	3						
	60 (65/55)	5						

16.10.3.3.2.4. Puissances des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, Paux (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, Taux :

$$P_{aux} = P_{abs_pivot} * T_{aux} \quad (16)$$

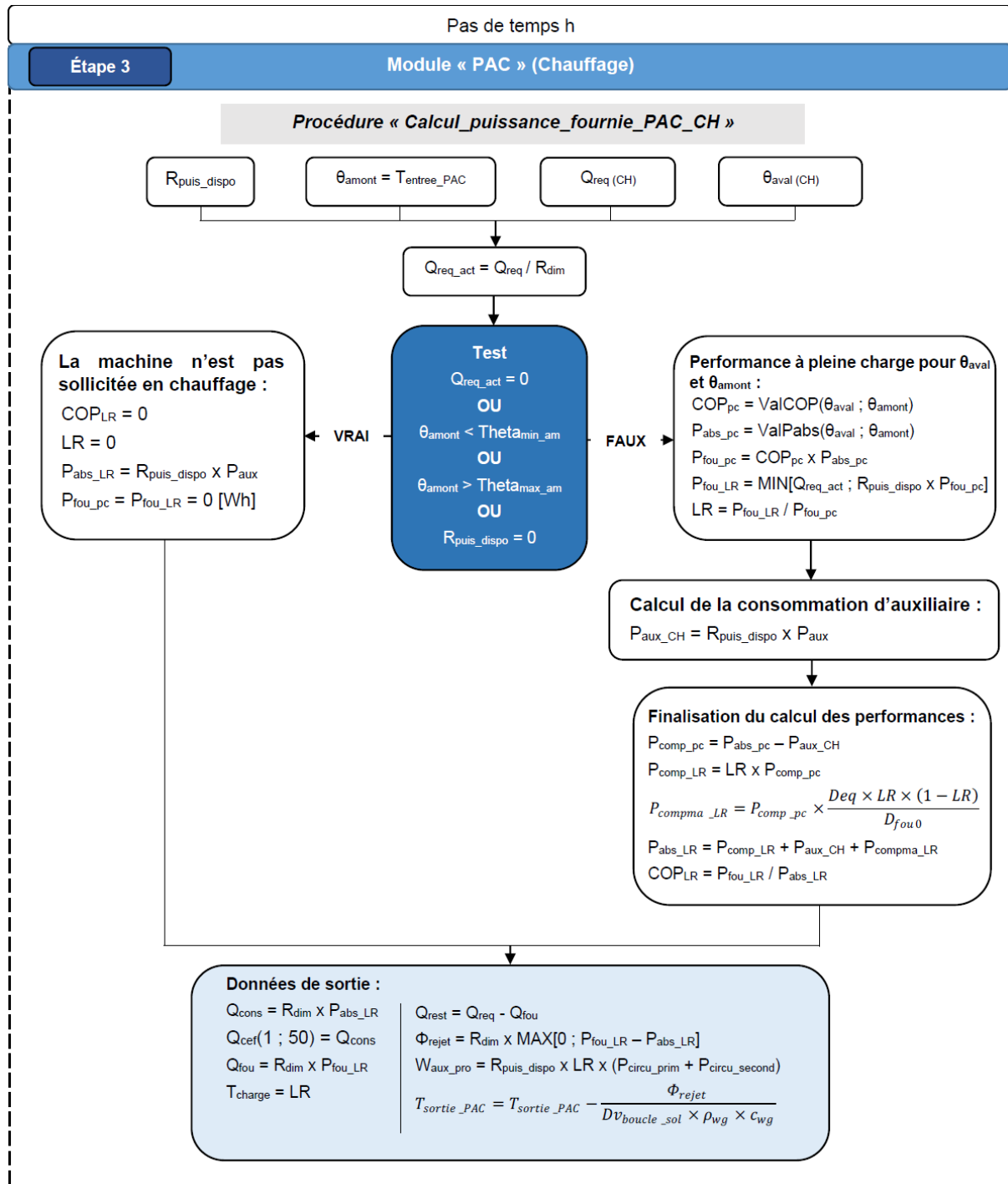
Le statut de la valeur de Taux (Statut_Taux) peut correspondre aux trois cas suivants :

1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,

2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,

3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

16.10.3.3.3. Algorithme de prise en compte au pas de temps horaire



16.10.3.4. *Fonction Production d'ECS avec stratification dynamique*

16.10.3.4.1. Module Ballon de stockage

16.10.3.4.1.1. Initialisation des paramètres de calcul

Volumes V_{z_stock} , V_{z_strat} et V_{z_min}

- Pour le ballon « stock » :

$$V_{1_stock} = V_{2_stock} = V_{3_stock} = V_{4_stock} = \frac{V_{tot_stock}}{4} \quad (17)$$

- Pour le ballon « stratégique » :

$$V_{1_strat} = V_{2_strat} = \frac{(1 - f_{aux}) \times V_{tot_strat}}{2} \quad (18)$$

$$V_{3_strat} = V_{4_strat} = \frac{f_{aux} \times V_{tot_strat}}{2} \quad (19)$$

Le volume de la plus petite zone est alors :

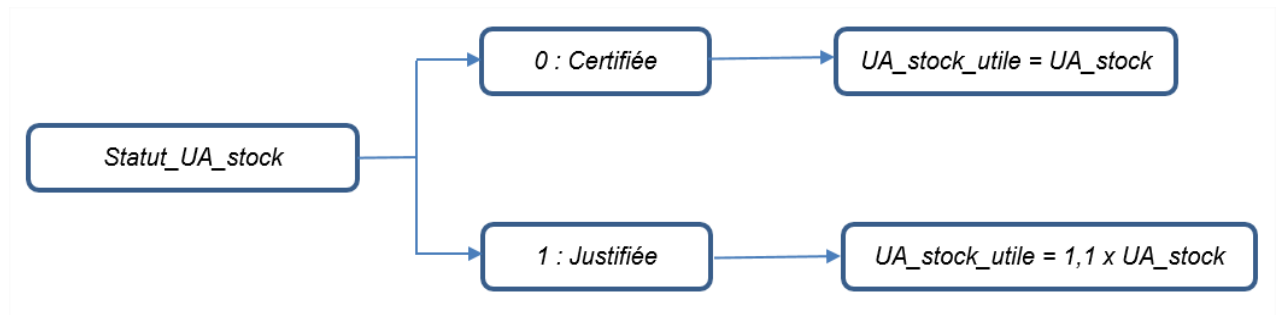
$$V_{z_min} = MIN[\{V_{z_stock}\}; \{V_{z_strat}\}] \quad (20)$$

Nombre d'itération Nb_{iter} pour le calcul du volume puisé

$$Nb_{iter} = Arrondi.inf \left[\frac{V_{tot_stock} + V_{tot_strat}}{V_{z_min}} \right] \quad (21)$$

Coefficients de pertes thermiques U_{z_stock} et U_{z_strat}

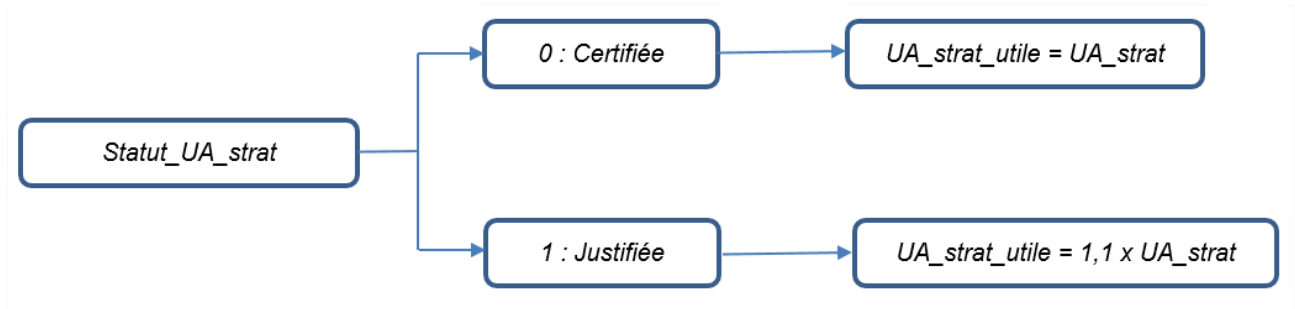
- Pour le ballon « stock » :



Pour $z=1$ à 4 :

$$U_{z_stock} = \frac{UA_stock_utile \times V_{z_stock}}{V_{tot_stock}} \quad (22)$$

- Pour le ballon « stratégique » :



Pour z=1 à 4 :

$$U_{z_strat} = \frac{UA_strat_utile \times V_{z_strat}}{V_{tot_strat}} \quad (23)$$

Pertes thermiques Pe_{z_stock} , Pe_{stock} , Pe_{z_strat} et Pe_{strat}

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées pour une température d'eau de 50°C.

- Pour le ballon « stock » :

Pour z=1 à 4 :

$$Pe_{z_stock} = U_{z_stock} \times (50 - T_{amb}) \quad (24)$$

$$Pe_{stock} = \sum_{z=1}^4 Pe_{z_stock} \quad (25)$$

- Pour le ballon « stratégique » :

Pour z=1 à 4 :

$$Pe_{z_strat} = U_{z_strat} \times (50 - T_{amb}) \quad (26)$$

$$Pe_{strat} = \sum_{z=1}^4 Pe_{z_strat} \quad (27)$$

Températures T_{z_stock} et T_{z_strat}

Au premier pas de temps, l'ECS contenue au niveau des deux ballons est considérée à la température de consigne.

Pour le ballon « stock » :

Pour $z=1$ à 4 :

$$T_{z_stock}(h-2) = T_{z_stock}(h-1) = T_{z_stock}(h) = T_{cons_ball} \quad (28)$$

Pour le ballon « stratégique » :

Pour $z=1$ à 4 :

$$T_{z_strat}(h-2) = T_{z_strat}(h-1) = T_{z_strat}(h) = T_{cons_ball} \quad (29)$$

16.10.3.4.2. Module boucle solaire

Cf. 16.10.3.2.1

16.10.3.4.3. Module PAC

16.10.3.4.3.1. Matrice de performance

1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice de performance se compose des points suivants :

		Matrice de performance				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{ambiant} (°C) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{ext} (°C)$	5	Multiplication par $C_{unam_COP}(X;8,5)$		COP_pivot x $C_{unav_COP}(X;45)$	Multiplication par $C_{unam_COP}(X;8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	COP_pivot x $C_{unam_COP}(X;8,5)$		COP_pivot (Saisie)	COP_pivot x $C_{unam_COP}(X;8,5)$	
	55	COP_10_55 x $C_{unam_COP}(X;8,5)$		COP_10_55 (Interpolée)	COP_10_55 x $C_{unam_COP}(X;8,5)$	
	65	COP_10_65 x $C_{unam_COP}(X;8,5)$		COP_10_65 (Saisie)	COP_10_65 x $C_{unam_COP}(X;8,5)$	

La valeur du COP à +10/55 (Val_COP_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45) et de la valeur +10/65°C.

$$COP_{10_55} = 55 * \frac{COP_{10_65} - COP_{pivot}}{65 - 45} - \frac{COP_{10_65} * 45 - COP_{pivot} * 65}{65 - 45} \quad (30)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice de performance				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice de performance				
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			0,8		
	65			0,6		

16.10.3.4.3.2. Matrice des puissances absorbées

3) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice des puissances absorbées se compose des points suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow$		-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	5	Multiplication par $C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$		$\text{Pabs_pivot} \times C_{\text{nav_Pabs}}(X;45)$	Multiplication par $C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$	
	15					
	25					
	35					
	45	$\text{Pabs_pivot} \times C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$	Pabs_pivot (Saisie)	$\text{Pabs_pivot} \times C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$		
	55	$\text{Pabs_10_55} \times C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$	Pabs_10_55 (Interpolée)	$\text{Pabs_10_55} \times C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$		
	65	$\text{Pabs_10_65} \times C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$	Pabs_10_65 (Saisie)	$\text{Pabs_10_65} \times C_{\text{unam_Pabs}}(X;8,5)$		

La valeur de la puissance absorbée à +10/55°C (Val_Pabs_10_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45°C) et de la valeur à +10/65°C :

$$Pabs_{10_55} = 55 * \frac{Pabs_{10_65} - Pabs_{pivot}}{65 - 45} - \frac{Pabs_{10_65} * 45 - Pabs_{pivot}}{65 - 45} \quad (31)$$

Par défaut, la méthode Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Le coefficient de correction à une température amont X°C est donc calculé de la manière suivante :

$$Cnnam_Pabs(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (X - 8,5) \quad (32)$$

De même pour la variation du COP en fonction de la température aval :

$$Cnnav_Pabs(X; 8,5) = 1 + 0,01 * (45 - X) \quad (33)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
θ _{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ _{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

4) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
θ _{aval} (°C)	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	θ _{amont} (°C) →	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			0,9		
	65			0,8		

16.10.3.4.3.3. Puissances des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, Paux (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, Taux :

$$Paux = Pabs_{pivot} * Taux \quad (34)$$

Le statut de la valeur de Taux (Statut_Taux) peut correspondre aux trois cas suivants :

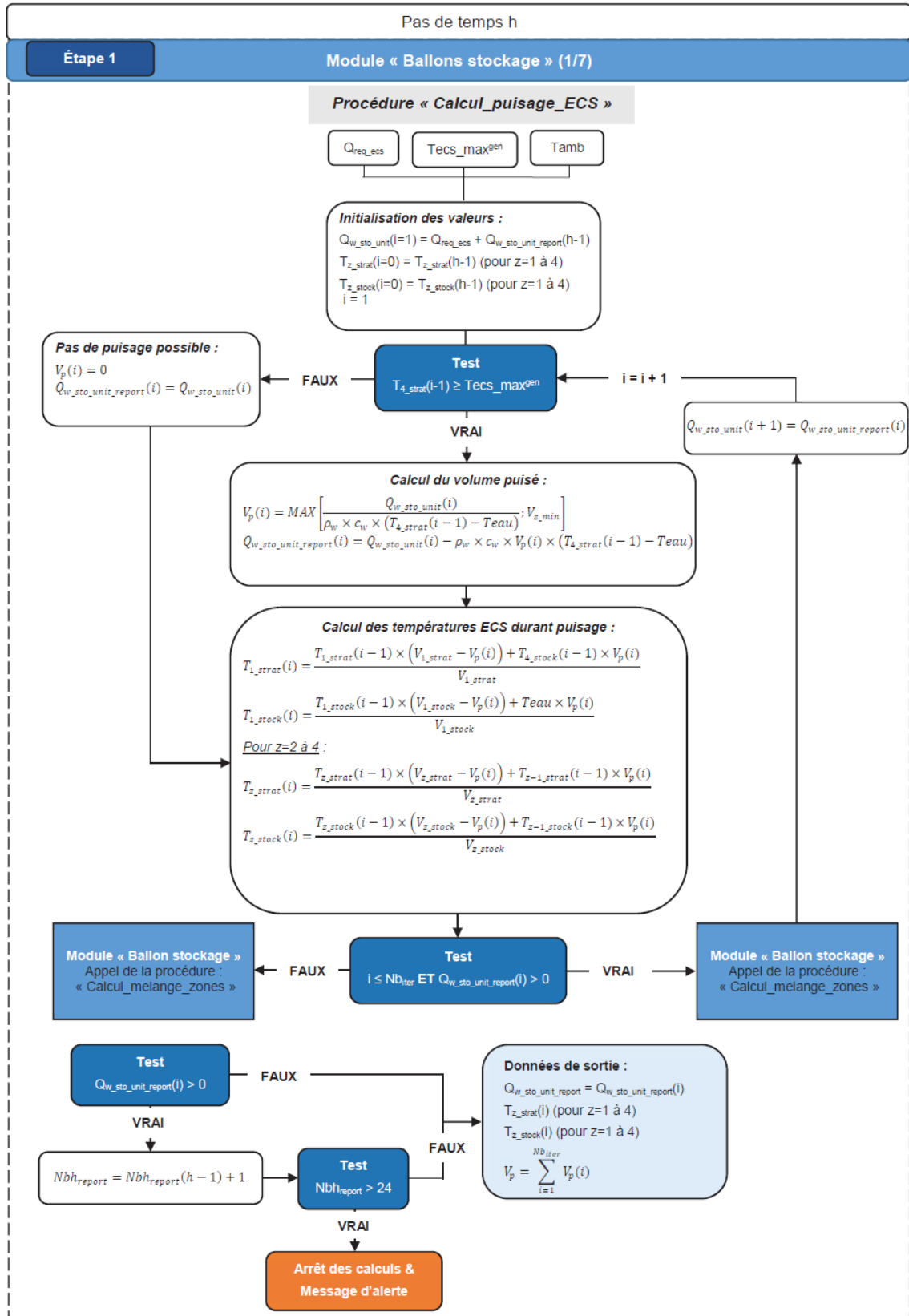
1) Valeur certifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,

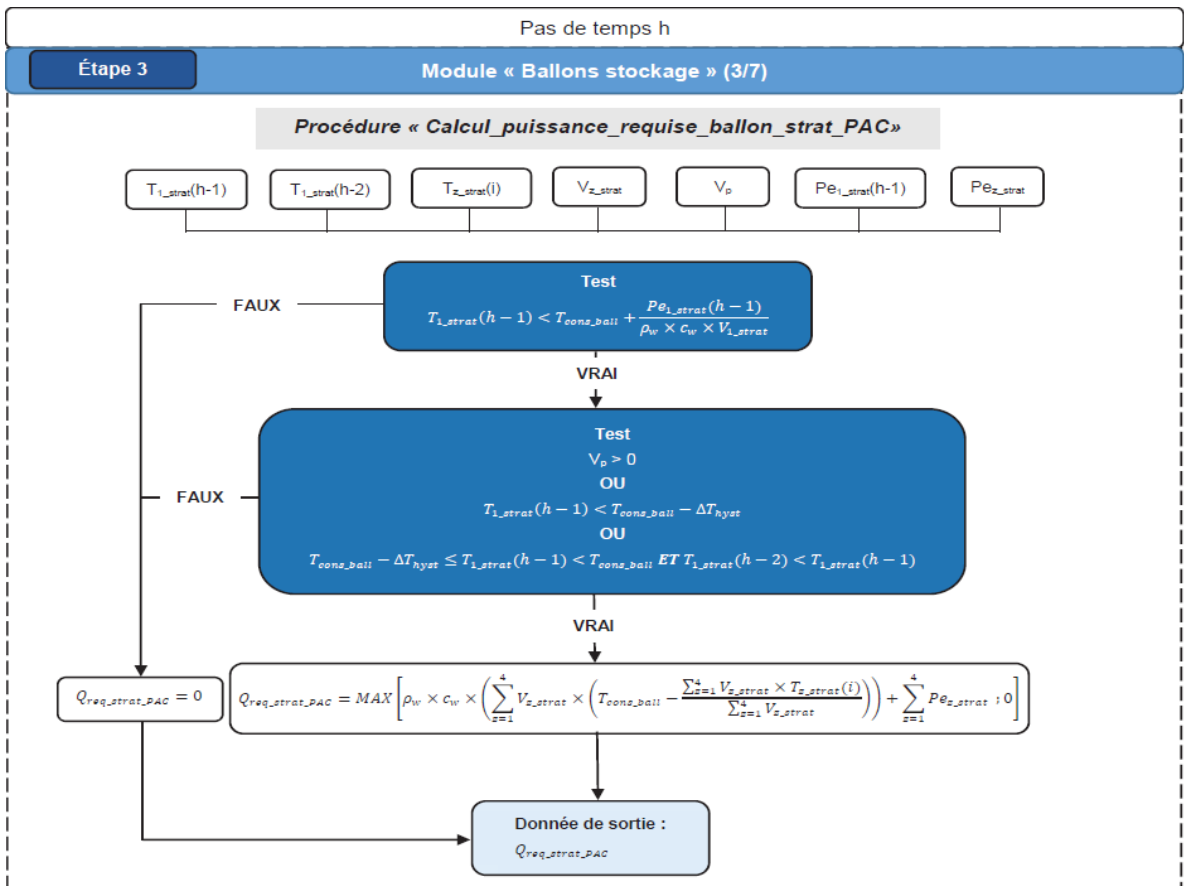
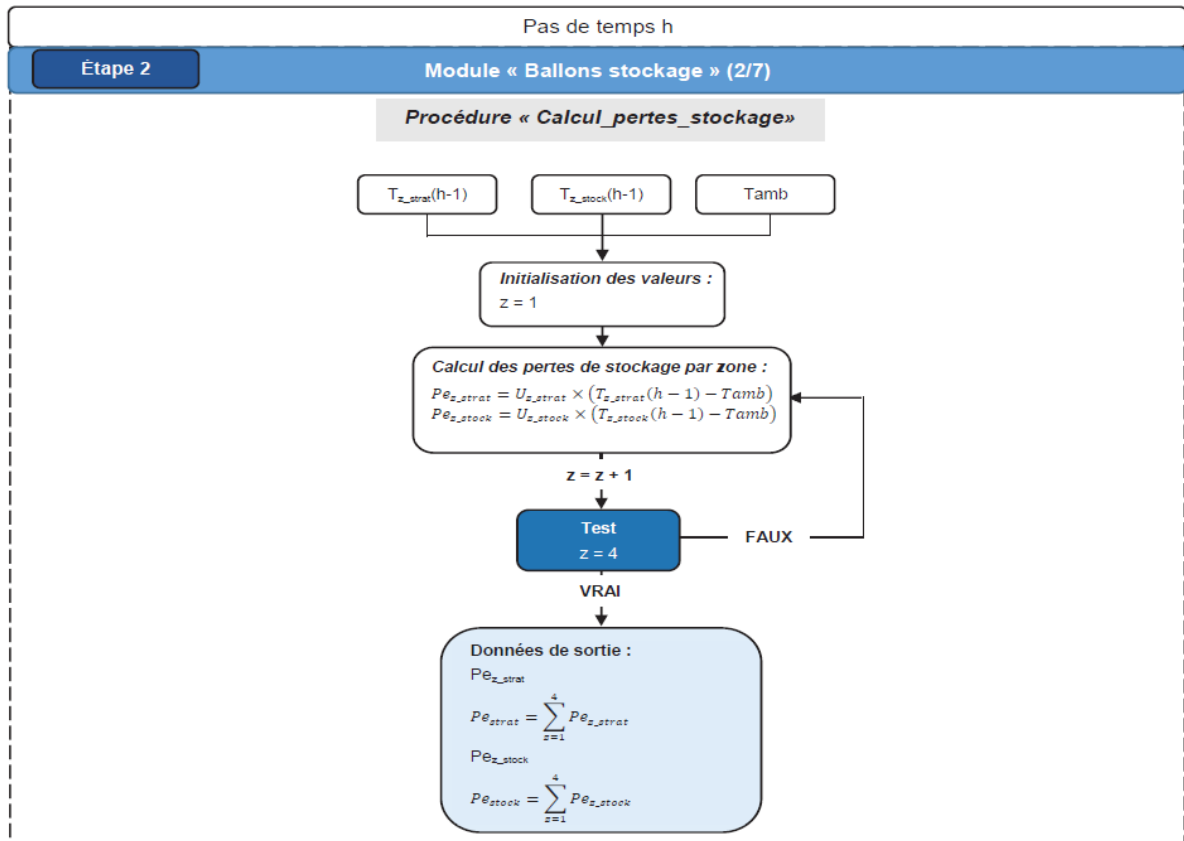
2) Valeur justifiée : la valeur du Taux est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,

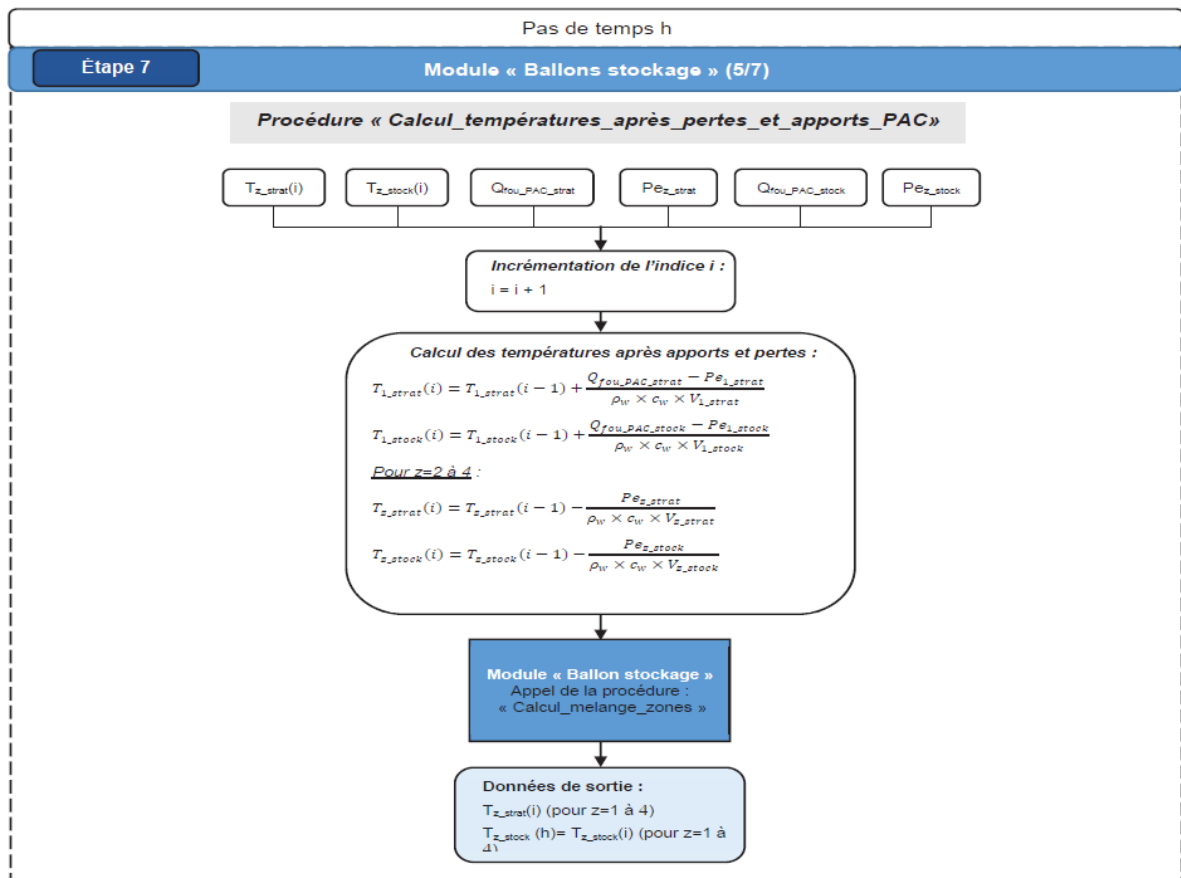
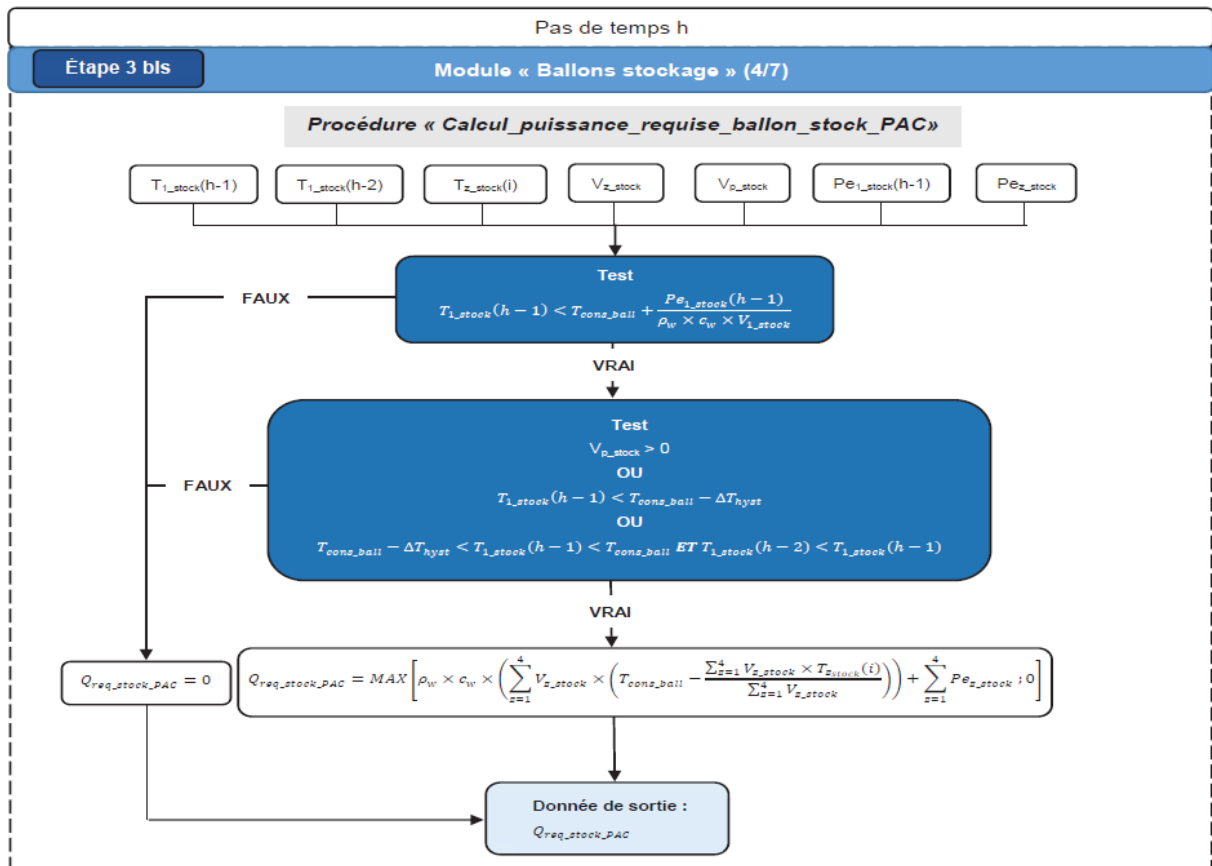
3) Valeur par défaut : la valeur du Taux est prise égale à 0,02.

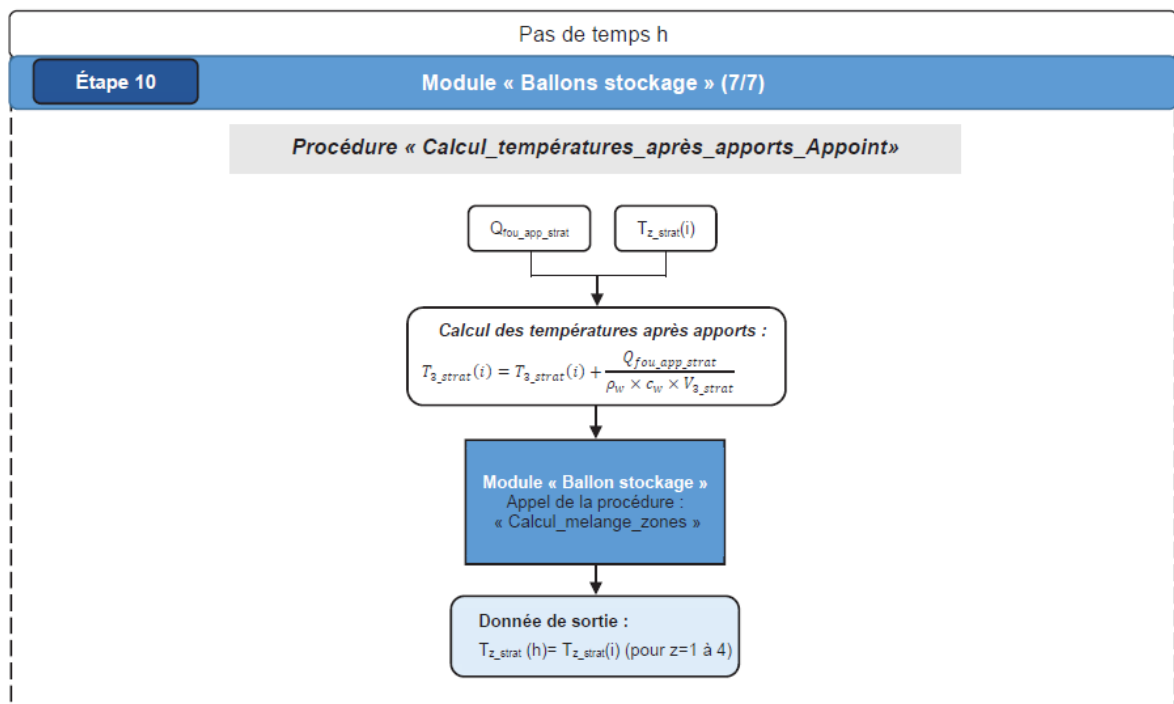
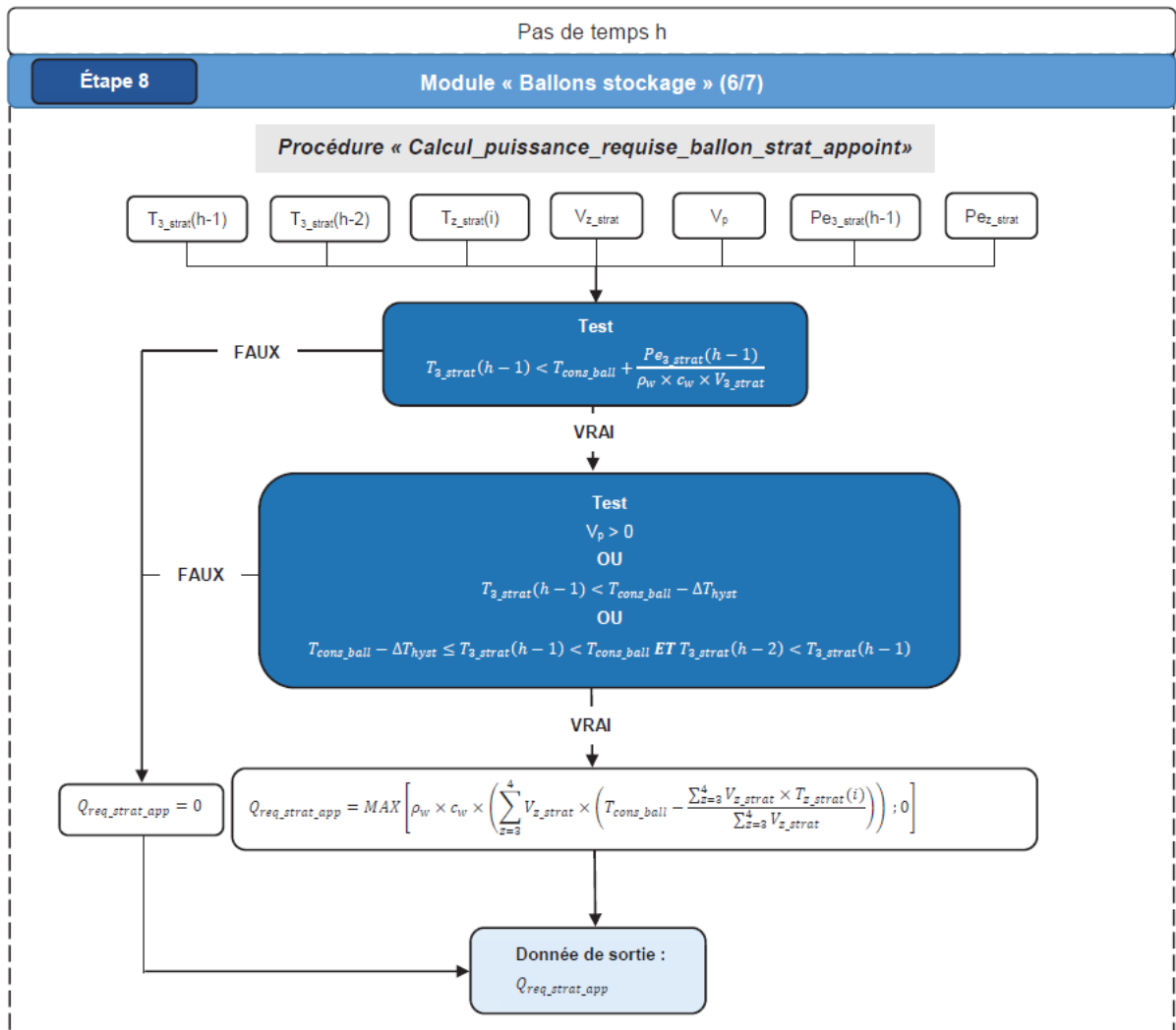
16.10.3.4.4. Algorithme de prise en compte au pas de temps horaire

16.10.3.4.4.1. Module « Ballon de stockage »



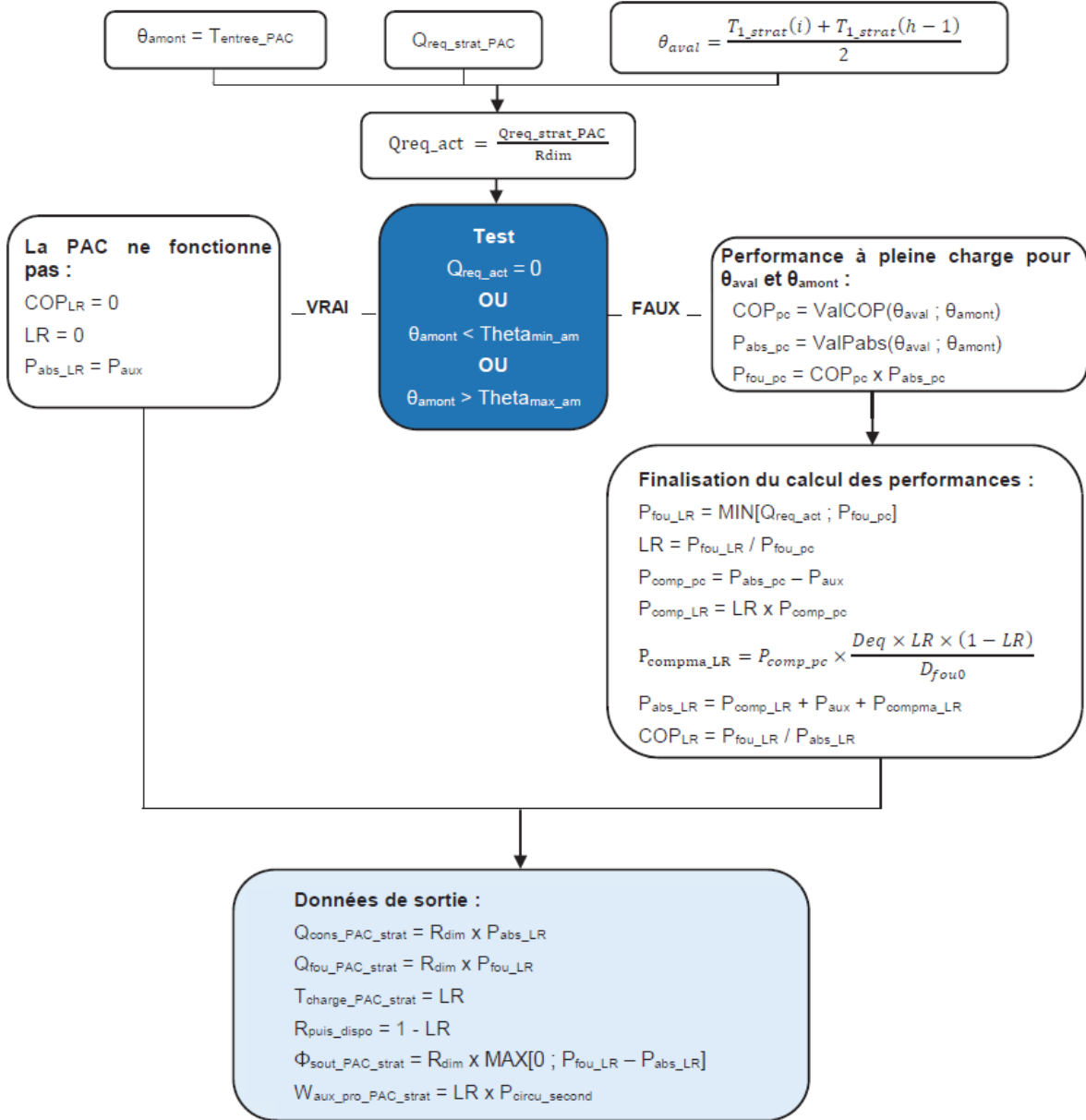




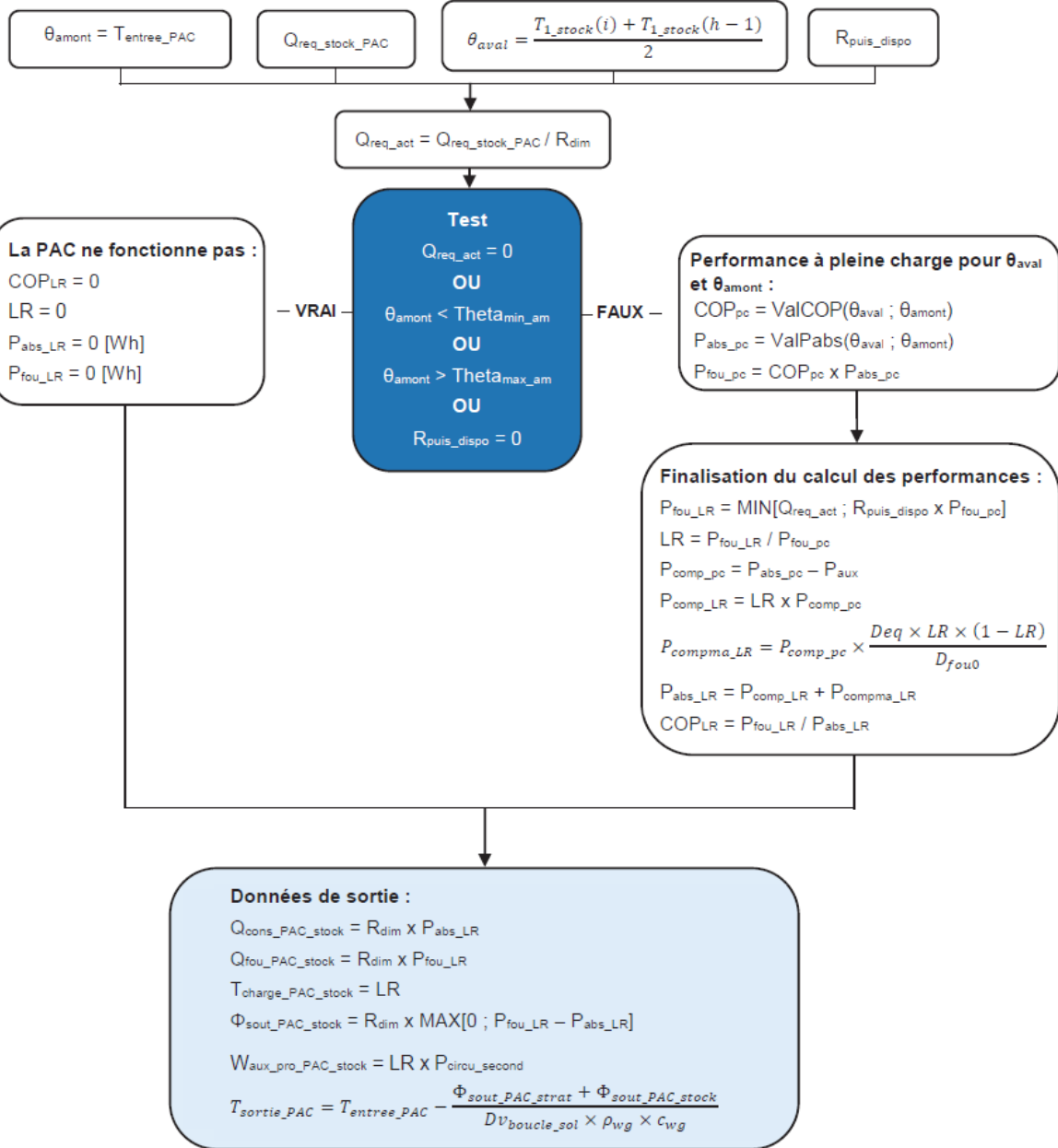


16.10.3.4.4.2. Module « PAC »

Procédure « Calcul_puissance_fournie_ballon_strat_PAC »



Procédure « Calcul_puissance_fournie_ballon_stock_PAC »



16.11 C_GEN_pompe a chaleur multifonction Acquarevia+

16.11.1 INTRODUCTION

Le système « aCQUAREVIA + » est une pompe à chaleur (PAC) multifonction conçue pour équiper les bâtiments nécessitant une production d'eau chaude sanitaire collective comme les EPHAD, hôtels, logements collectifs, résidences étudiantes et seniors. Elle dispose de deux départs hydrauliques, le premier dédié à la production d'eau chaude sanitaire et le second réversible dédié à la production d'eau de chauffage ou d'eau glacée pour le rafraîchissement.

Le système peut donc fonctionner dans les 3 cycles thermodynamiques suivants :

- le fonctionnement chauffage air-eau (aérothermique) permet de prendre l'énergie dans l'air extérieur et de chauffer l'eau chaude sanitaire et l'eau de chauffage séparément ;
- le fonctionnement rafraîchissement air-eau (aérothermique) permet de produire de l'eau glacée pour le rafraîchissement et de rejeter l'énergie dans l'air extérieur ;
- le fonctionnement eau-eau permet de produire simultanément l'eau chaude sanitaire et l'eau glacée sans échange avec l'air extérieur. L'énergie récupérée lors de la production de l'eau glacée est utilisée pour la production de l'eau chaude sanitaire.

16.11.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode s'applique à tous les bâtiments avec comme usage principal :

- logements collectifs ;
- foyer jeunes travailleurs ;
- cité universitaire ;
- établissement sanitaire avec hébergement ;
- hôtel partie nuit.

Le système tel qu'il est défini dans la méthode ne peut pas produire simultanément le chauffage et l'ECS. Le système doit être connecté à un ballon de stockage ECS indépendant du système dont les caractéristiques sont à définir selon les projets.

16.11.3 NOMENCLATURE

Le Tableau 4 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
	H_{leg}	Heure légale au pas de temps.	h
S. Amont	$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C
	$\theta_{aval,fr}(h)$	Température de la source aval	°C
Génération	$Q_{req,ecs}(h)$	Demande en énergie pour calcul au niveau de la génération.	W
	$Q_{req,fr}(h)$		
	$R_{puis_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel

$i_{ECS_seule}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool
$P_{fou_source_amont_maxi}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc}) et des caractéristiques de l'air extrait	W

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : Non-réversible (refroidissement)	-			
Id_Fougen_Mod	Pour Cat_thermo_Elec = Non réversible, service assurée par le générateur 2 : Refroidissement	Ent	1	2	
Sys_thermo_Fr	Technologie en mode refroidissement 1 : refroidisseur air extérieur / eau	Ent	1	6	1
M_θ_Aval_Fr	Valeurs de températures aval pour lesquelles les EER et Pabs sont saisis : 1 : θav,pivot 2 : 2 premières valeurs de θav,i 3 : etc...	Ent	1	7	Selon type de générateur thermodynamique
M_θ_Amont_Fr	Valeurs de températures aval pour lesquelles les EER et Pabs sont saisis : 1 : θamont,pivot 2 : 2 premières valeurs de θamont,j 3 : etc...	Ent	1	7	
Statut_données_PC_fr	Statut des performances à pleine charge renseignées en froid : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en 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	+∞	
{Pabs(i,j)}fr	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode refroidissement	{kW}	0	+∞	
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_COP_fr	Valeur d'EER pivot déclarée en mode refroidissement (avant prétraitement)	-	0	+∞	-
Val_Pabs_fr	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode refroidissement	kW	0	+∞	-
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	Ent	0	0	0
θmin_av_fr	Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode refroidissement	°C	-50	100	100

$\theta_{max_am_fr}$	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode refroidissement	°C	-50	100	-
Fonctionnement à charge partielle					
$Statut_fonct_part$	Statut de la saisie des performances à charge partielle : <i>0 : par défaut</i> <i>1 : déclarée</i>	Ent	0	1	
$Fonc_compr$	Mode de fonctionnement du compresseur : <i>1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt</i> <i>2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur</i>	Ent	1	2	
$Statut_fonct_continu$	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« <i>contmin</i> ») : <i>2 : par défaut</i> <i>1 : justifié</i> <i>0 : certifié</i>	Ent	0	2	
$Ccp_{LRcontmin}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$	Réel	0	2	
$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Min.	0	60	0.5
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Min.	0	60	
Puissance d'auxiliaires de la machine					
$Statut_Taux$	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : <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					
$\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de $Pabs$ à la température aval θ_i en fonction de $Pabs$ à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_n)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de $Pabs$ à la température amont θ_j en fonction de $Pabs$ à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			
$\{Cnn_{av_EER}(\theta_i, \theta_k)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de l'EER à la température aval θ_i en fonction de l'EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am_EER}(\theta_i, \theta_j)\}_{fr}$	Coefficients permettant le calcul de l'EER à la température amont θ_j en fonction de l'EER à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	
$Typo_emetteur_fr$	Inertie du système d'émission principal utilisé avec le générateur				

Voir selon technologie

thermodynamique en mode
refroidissement

1 : forte : plancher ou plafond intégré au
bâti

2 : moyenne : radiateur, plafond d'inertie
moyenne

3 : légère : VCV, plancher et plafond
d'inertie faible

4 : très légère : systèmes à air

Modèle/taille de la PAC aCQUAREVIA
sélectionnée.

1 : LCP 41

2 : LCP 51

3 : LCP 61

4 : LCP 71

5 : LCP 81

6 : LCP 94

Modèle 7 : LCP 104

Ent. 1 16

8 : LCP 124

9 : LCP 144

10 : LCP 164

11 : LCP 194

12 : LCP 214

13 : LCP 244

14 : LCP 274

15 : LCP 294

16 : LCP 324

Régime d'eau glacée

1 : 6,5/1,5

2 : 12/7

Régime_Eau_Glacée 3 : 13/8

Ent. 1 8

4 : 14/9

5 : 15/10

6 : 17,5/12,5

7 : 23/18

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,fr}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur	Wh
$Q_{rest,fr}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh
$\{Q_{cef_fr(id_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs. L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.	Wh
$\eta_{eff,fr}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$T_{charge,fr}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$\Phi_{rejet,fr}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh
$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur, tous modes confondus	Wh
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur en énergie finale, tous modes confondus	Wh
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh

$EER_{pc}(h)$	EER utile à pleine charge pour le mode refroidissement (communiqués à C_Gen_Source_Amont).	Wh			
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 50</i>	Ent	10	69	50
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : <i>1 : eau</i>	Ent	1	3	1
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>2 : air</i>	Ent	1	3	2
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>2 : Refroidissement seul</i>	Ent	1	6	3

Variables internes

Nom	Description	Unité			
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{fr}$	Liste des températures aval principales du générateur en fonction du mode.	°C			
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{fr}$	Liste des températures amont principales du générateur en fonction du mode.	°C			
N_{av_fr}	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
N_{am_fr}	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
$\{EER_{util}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances (EER) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}			
$LR(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-			
$LR_{cycl}(h)$	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-			
$EER_{LR}(h)$	EER utile et à charge réelle pour le mode considéré	-			
$EER_{pc_net}(h)$	EER utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-			
$EER_{LRcontminnet}(h)$		-			
$EER_{LR_net}(h)$		-			
$P_{fou_pc}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W			
$P_{fou_LRcontmint}(h)$					
$P_{fou_LR}(h)$					
$P_{abs_pc}(h)$	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W			
$P_{abs_LR}(h)$					
$P_{comp_PC}(h)$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W			
$P_{comp_LRcontmint}(h)$					
$P_{comp_LR}(h)$					
$P_{fou_pc_brut}(h)$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W			
$P_{compma_LR}(h)$	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W			
$W_{aux,0}(h)$	Puissance effective absorbée par les auxiliaires à charge nulle	W			

$Ccp_{LRcontmin_net}(h)$	Correction du COP « <i>net</i> » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-			
$Q_{req_{act}}(h)$	Energie requise ramenée une machine parmi les $Rdim$ identiques	W			
$Q_{req_fr/ecs}$	Besoins de rafraichissement pris en charge par la production d'ECS	Wh			
$Q_{req_fr_rest}$	Besoins de refroidissement restants à produire en mode air/eau	Wh			
$Q_{rest_{act}}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh			
$P_{n_fr_aCQUAREVIA}$	Puissance nominale de rafraichissement dans les conditions de fonctionnement réelles de la PAC aCQUAREVIA en mode eau/eau.	Réel	-	-	-
P_{n_ecs}	Puissance nominale d'ECS dans les conditions de fonctionnement réelles de la PAC en mode eau/eau.	Réel	-	-	-
$R_{ecs/fr}$	Ratio de production de froid par rapport à la production d'ECS.	Réel	0	1	-
Constantes					
Nom	Description	Unité	Conv		
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP propre à chaque technologie et à chaque mode	-	2,7		

Tableau 4 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.11.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.11.4.1. Méthode générale de prise en compte

Ce chapitre présente la méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable, c'est-à-dire le calcul pour déterminer la part de la consommation de froid couverte lors de la production d'ECS en mode récupération.

La prise en compte du système aCQUAREVIA dans le moteur de calcul RE2020 est la suivante :

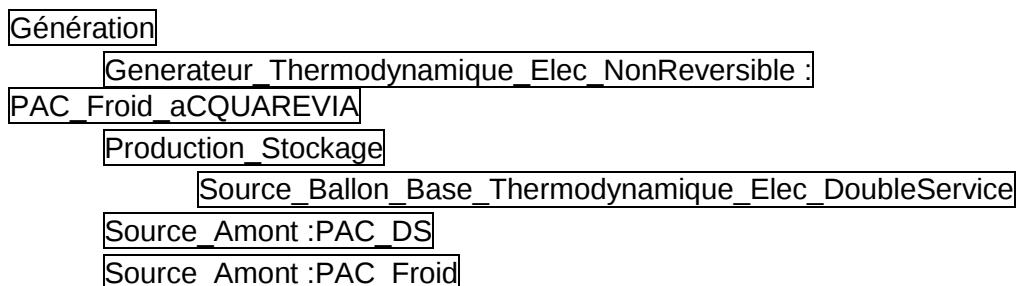
- modélisation dégradée du système consistant à saisir une génération de chauffage et d'ECS par une PAC Double Service (air/eau) et une génération de refroidissement par une PAC mono service en refroidissement seul (air/eau) dite PAC acquarevia.

- post-traitement « Acquarevia » intégré dans le moteur de calcul RE2020 afin de calculer, au pas de temps horaire, les besoins de refroidissement pris en charge lors de la production d'ECS, et les consommations de froid du générateur Acquarevia corrigées.

On trouve ci-dessous les éléments descriptifs à utiliser pour la modélisation dégradée.

Le Titre aCQUAREVIA est pris en compte dans le moteur de calcul RE2020 en assemblant, au sein de l'objet génération, une PAC de type refroidisseur air/eau, une production de stockage dont la source est une PAC Double Service (air/eau) pour la production d'ECS et le chauffage, et un objet de post-traitement aCQUAREVIA.

L'assemblage, au sein de l'objet génération, est résumé comme suit :



16.11.4.1.1. Hypothèses de la modélisation dégradée

16.11.4.1.1.1. Génération de refroidissement

La génération de refroidissement est modélisée par la saisie d'une PAC mono service (air/eau) en mode refroidissement uniquement. Elle doit être saisie de la manière suivante :

Rdim	Selon la taille de la PAC aCQUAREVIA, (voir Tableau 5)
Mode de fonctionnement	
Id_FouGen_Mod	2 : Refroidissement
Sys_Thermo_Fr	1 : Refroidisseur air/eau
Performances à plein charge	
Statut_donnee certifiées/mesurées	1 : Il existe des valeurs de performances
Theta_Aval_Air_Eau_Fr	3 : 9,5°C, 15°C, 20,5°C
Theta_Amont_Air_Eau_Fr	3 : 15°C, 25°C, 35°C
Performance	Selon les données techniques de la PAC
Puissance absorbée	Selon les données techniques de la PAC
COR	seul le couple [9,5 ; 35] est certifié (valeur à saisir : 1)
Températures limites de fonctionnement	
Theta_Max_Am	45 °C
Theta_Min_Av	0 °C
Fonctionnement à charge réelle	
Valeur_Declaree_Default	1 : Valeurs déclarée
Fonctionnement_compres compresseur	2 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du
Statut_Taux	Valeur réelle (0 ou 1) ou par défaut (2)

Le tableau ci-dessous indique le nombre de compresseur à saisir selon le modèle/la taille de la PAC aCQUAREVIA utilisée dans le projet.

Taille de la PAC aCQUAREVIA	41 à 81	94 à 324
Nombre de compresseur	2	4

Tableau 5 – Nombre de compresseur par PAC « aCQUAREVIA ».

Le modèle/la taille de la PAC aCQUAREVIA et le régime d'eau glacée spécifique au projet sont à définir.

Modèle de pompe à chaleur

Modèle	1 : LCP 41
	2 : LCP 51
	3 : LCP 61
	4 : LCP 71
	5 : LCP 81
	6 : LCP 94
	7 : LCP 104
	8 : LCP 124
	9 : LCP 144
	10 : LCP 164
	11 : LCP 194
	12 : LCP 214
	13 : LCP 244
	14 : LCP 274
	15 : LCP 294
	16 : LCP 324

Régime d'eau glacée de la pompe à chaleur

Regime_Eau_Glacee	1 : 6,5/1,5
	2 : 12/7
	3 : 13/8
	4 : 14/9
	5 : 15/10
	6 : 17,5/12,5
	7 : 23/18

16.11.4.1.1.2. Génération de chauffage et d'ECS

La génération de chauffage et d'ECS est saisie en assemblant, au sein de l'objet génération, un ballon de stockage dont la source est une PAC Double Service (air/eau) avec les statuts des caractéristiques réelles de la PAC (performances certifiées, déclarées ou justifiées) selon la fiche technique.

16.11.4.2. Calcul des Besoins de refroidissement pris en charge par la production d'ECS

Le principe du système est de produire de l'eau glacée lors de la production d'ECS lorsque la demande de froid et d'ECS est simultanée uniquement. La part des besoins produite « gratuitement » est donc limitée à la capacité de la PAC à produire de l'eau glacée lors d'une demande d'ECS.

Pour calculer les besoins de refroidissement pris en charge lors de la production d'ECS, nous définissons premièrement le Ratio ($R_{ecs/fr}$) correspondant à la capacité de la PAC à produire de l'eau glacée lors de la production d'ECS en fonctionnement eau/eau. Ce Ratio est défini selon l'eq.(35) pour le modèle/la taille de la PAC (aCQUAREVIA) et pour les régimes d'eau de 47/55°C pour l'ECS et selon le régime sélectionné pour l'eau glacée.

$$R_{ecs/fr} = \frac{P_{n_fr_aCQUAREVIAplus}}{P_{n_ecs}} \quad (35)$$

Les besoins de rafraîchissement pris en charge par la production d'ECS sont plafonnés par les besoins horaires d'ECS et le ratio ($R_{ecs/fr}$) ainsi que par les besoins horaires de rafraîchissement.

$$Q_{req-fr/ecs}^{gr}(h) = MIN[Q_{req-fr}^{gr}(h) ; Q_{w_bruts}^{gr}(h) \times R_{ecs/fr}] \quad (36)$$

Le ci-dessous présente les valeurs du Ratio ($R_{ecs/fr}$) de différents modèles/tailles pour chaque régime d'eau glacée.

Modèle / Taille	R_E G	P_{n_fr} [kW]	P_{n_ecs} [kW]	$R_{ecs/fr}$ [-]	Modèle / Taille	R_E G	P_{n_fr} [kW]	P_{n_ecs} [kW]	$R_{ecs/fr}$ [-]
LCP 41	1	37	54	0,66213592	LCP 51	1	40,3	59,5	0,6501766 8
	2	44,4	61,6	0,69863014		2	48,6	68	0,6884735 2
	3	45,9	63	0,70519263		3	50,3	69,6	0,6960486 3
	4	47,4	64,6	0,71031097		4	52	71,4	0,7032640 9
	5	48,9	66,1	0,71794872		5	53,7	73,1	0,7086956 5
	6	52,8	70,2	0,73111782		6	58,2	77,7	0,7250342
	7	62,3	80	0,76		7	69	88,8	0,7551020 4
LCP 61	1	47,9	69,8	0,66216216	LCP 71	1	52,4	77,4	0,6490514 9
	2	57,6	79,7	0,7001321		2	63,2	88,2	0,6889952 2
	3	59,5	81,6	0,70671835		3	65,3	90,3	0,6962616 8
	4	61,5	83,6	0,71248424		4	67,5	92,5	0,7028571 4
	5	63,5	85,7	0,7188656		5	69,7	94,8	0,7094972 1
	6	68,7	91	0,7340302		6	75,5	100, 6	0,7254487 9
	7	81,4	103,9	0,76175869		7	89,5	114, 8	0,7567316 6
LCP 81	1	60,1	88,3	0,65599051	LCP 94	1	74	108	0,6624758 2
	2	72,8	101	0,69801463		2	88,8	123, 1	0,6999147 5

	3	75,3	103,5	0,70408163		3	91,9	126, 2	0,7055879 9
	4	77,9	106	0,71215139		4	94,8	129, 2	0,7114914 4
	5	80,5	108,6	0,71789883		5	97,9	132, 4	0,7181528 7
	6	87,4	115,5	0,73394495		6	105, 7	140, 4	0,7321294 2
	7	104, 1	132,4	0,76527331		7	124, 7	160, 1	0,7586206 9
LCP 104	1	80,6	119	0,65377856	LCP 124	1	94,8	138, 7	0,6598793 4
	2	97,5	136,1	0,69242658		2	113, 9	158, 2	0,6980756 5
	3	100, 6	139,4	0,69992441		3	117, 8	162, 2	0,7042801 6
	4	104, 1	142,9	0,70531758		4	121, 7	166, 1	0,7097591 9
	5	107, 6	146,4	0,71191336		5	125, 8	170, 3	0,716677
	6	116, 3	155,3	0,72739633		6	136, 1	180, 7	0,7314652 7
	7	138, 5	178	0,75686977		7	161	206, 3	0,7604113 1
LCP 144	1	103, 8	154,1	0,64741848	LCP 164	1	118, 1	175, 1	0,6501492 5
	2	125	175,3	0,68727491		2	143, 2	199, 9	0,6933193 1
	3	129, 2	179,5	0,69460727		3	148, 2	204, 8	0,6997429 3
	4	133, 6	184	0,70126147		4	153	209, 7	0,7074761 7
	5	137, 8	188,2	0,70779585		5	158	214, 6	0,7140058 8
	6	149, 2	199,5	0,72337043		6	171, 8	228, 4	0,7298797 4
	7	177, 3	228,1	0,75581395		7	204, 4	261, 5	0,7615384 6

LCP 194	1	141, 8	208,9	0,65515516	LCP 214	1	161, 4	239, 4	0,6491917 9
	2	171, 7	238,6	0,69678272		2	194, 7	272, 8	0,6892568 3
	3	177, 3	244,2	0,70232959		3	201, 8	279, 8	0,6969924 8
	4	183	250	0,70959596		4	208, 3	286, 3	0,7040029 4
	5	189, 3	256,2	0,71681052		5	215, 0	293, 5	0,7100251 5
	6	205, 3	272,3	0,73245444		6	233, 3	311, 4	0,7260692 5
	7	244, 4	311,7	0,7633458		7	277, 3	355, 8	0,7589285 7
LCP 244	1	184, 1	272,4	0,66391834	LCP 274	1	207, 4	306, 5	0,6741055 6
	2	222, 2	310,7	0,70120898		2	250, 2	349, 2	0,7088134 5
	3	229, 7	318,2	0,70748988		3	258, 3	357, 3	0,7140249 5
	4	237, 6	326,2	0,71367381		4	267	365, 9	0,7201070 8
	5	245, 2	333,8	0,71975547		5	276, 2	375	0,7250799 2
	6	265, 5	354,1	0,73473108		6	299, 9	398, 7	0,7387486 3
	7	316, 1	405,1	0,76396685		7	355, 5	455	0,7673970 6
LCP 294	1	226, 3	332,7	0,66656061	LCP 324	1	243, 8	358, 9	0,6583017 2
	2	274, 4	381,1	0,70352744		2	293, 1	408, 6	0,6965251
	3	283, 3	390,2	0,70916553		3	302, 9	418, 4	0,7032469 2
	4	293, 7	400,6	0,71615487		4	313, 1	428, 8	0,7090819 6
	5	303, 1	410,1	0,72229465		5	322, 9	438, 7	0,7160701 4

	6	328, 3	435,4	0,73640167		6	350, 1	466, 2	0,7309437 4
	7	388, 4	496,6	0,76503678		7	413, 9	531, 5	0,7612118 8

Tableau 6 – Valeurs de Ratio ($R_{ecs/fr}$).

16.11.4.3. Calcul de la Consommation de froid corrigée

La consommation de refroidissement corrigée est calculée à partir des besoins de froid corrigés. Ceux-ci tiennent compte de la récupération de froid liée à la production d'ECS $Q_{req-fr/ecs}^{gr}(h)$.

16.11.4.3.1. Besoins de refroidissement restants à produire en mode air/eau

Les besoins de refroidissement restants à produire sont obtenus en diminuant les besoins de froid initiaux des besoins couverts par la production d'ECS (part calculée précédemment) – cf. formule (37).

$$Q_{req-fr_{rest}}^{gr}(h) = Q_{req-fr}^{gr}(h) - Q_{req-fr/ecs}^{gr}(h) \quad (37)$$

16.11.4.3.2. Consommations de refroidissement restantes en mode air/eau

Les consommations horaires de froid en mode air/eau sont corrigées en fonction des nouveaux besoins et de l'efficacité frigorifique annuelle du groupe frigorifique (PAC air/eau):

$$C_{ef-fr}^{gr}(h) = \frac{Q_{req-fr_{rest}}^{gr}(h)}{EER_{LH}(h)} \quad (38)$$

16.11.4.3.3. Calcul des données de sortie du générateur à l'issue du traitement en mode refroidissement

A l'issue du calcul de chaque mode, avant de passer au mode suivant, on calcule les données de sortie spécifiques à ce mode.

$$Q_{cons}(h) = P_{abs_LR}(h) \times Rdim \quad (39)$$

$$Q_{cef(3;50)} = Q_{cons} \quad (40)$$

$$\eta_{eff,fr}(h) = EER_{LR}(h) \quad (41)$$

$$Q_{fou-fr}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (42)$$

$$Q_{rest-fr}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (43)$$

$$T_{charge_fr}(h) = LR(h) \quad (44)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. :

$$\varphi_{reject,fr}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} + P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (45)$$

16.12 C_GEN_AUER Chauffe eau thermodynamique_Edel Eau

16.12.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des chauffe-eau thermodynamiques Edel Eau dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Les systèmes Edel Eau, anciennement connus sous les noms de Cylia Eau et Xiros Eau, sont des Chauffe-Eau Thermodynamiques (CET) qui puisent leurs calories sur le retour du plancher chauffant ou toute autre boucle d'eau dont la température est comprise entre 20 °C et 35 °C.

Ces systèmes monoblocs sont composés d'un ballon de stockage d'une capacité de 50 à 400 L, d'une PAC eau/eau fonctionnant uniquement en mode ECS et de leur propre circulateur de dérivation raccordé directement sur le retour de la boucle d'eau du circuit de chauffage sans échangeur intermédiaire.

Tous les CET de la marque AUER dont le principe de fonctionnement est similaire à celui décrit ci-avant sont éligible à ce Titre V.

En hiver, le cycle thermodynamique qui a pour but de chauffer l'eau chaude sanitaire, utilise comme source froide l'eau de retour du plancher chauffant. Le plancher chauffant est l'émetteur principal de chauffage dans le bâtiment. Son eau est chauffée par un système de génération quelconque (chaudière PAC, réseau de chaleur, etc.). Après avoir parcouru les tubes du plancher chauffant, une partie du débit d'eau circule dans l'évaporateur du CET et un échange de calories s'effectue entre l'eau du retour du plancher chauffant (fluide amont) et le fluide caloporteur de la PAC du CET.

En été, le principe reste le même sauf que la température de retour du plancher chauffant ne dépend pas du système de génération. Le circulateur dans le PAC du CET est en fonctionnement pour permettre à la source amont de se régénérer par l'ambiance.

16.12.2 CHAMPS D'APPLICATION

Le Titre V s'applique à tous les bâtiments soumis à la RE2020 et dont l'émetteur de chaleur est une boucle d'eau dont la température est comprise entre 20 et 35°C sur laquelle est raccordé directement via son module de dérivation, sans échangeur annexe ou externe le chauffe-eau thermodynamique composé notamment d'un ballon de stockage d'une capacité de 50 à 400 L.

16.12.3 PROCEDURE D'UTILISATION DU SYSTEME

La prise en compte des systèmes se fait au niveau de l'objet génération dans laquelle il faut définir un générateur thermodynamique pour ballon AUER. Il faut également saisir la génération en volume chauffé pour prendre en compte l'impact du CET sur les besoins de chauffage et ressaisir le mode de régulation de la température du réseau de chauffage du groupe (température de départ constante, température de retour constante, ou modulation en fonction de la température extérieure).

La saisie du projet est résumée est résumée de la manière suivante :

Distribution_Groupe_Chaut

Gest_2nd_Ch

1 : Température de départ constante

2 : Température de retour constante

3 : Modulation en fonction de la température extérieure).

Génération

Pos_Gen

1 : En volume chauffé

La saisie du CET via le nouvel objet générateur AUER est conforme au chapitre « 9.22⁴ PR1_IdCET_ Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique » de la méthode Th-BCE 2020.

L'identification des paramètres de description nécessaires à la méthode Th-BCE se fait via l'outil informatique IdCET (cf. figure 2). La saisie dans cet outil IdCET doit se faire en déclarant l'appareil comme une PAC sur Eau en saisissant les valeurs brutes du PV d'essai de la norme NF EN 16147 sans appliquer de coefficient correcteur. L'appareil est testé dans les conditions suivantes :

- Température de l'eau de « source amont » 25°C.
- Température de référence de l'eau chaude sanitaire supérieure à 52,5°C.

Figure 1 – Interface de l'outil d'identification IdCET.

Le passage par l'outil IdCET permet de déterminer les valeurs des trois paramètres suivants : le COP_{pivot} , le UA_s et la P_{abs_pivot} .

Le COP_{pivot} et la P_{abs_pivot} sont des valeurs qui doivent être saisies dans le nouvel objet tandis que le UA_s est à saisir au niveau du ballon de stockage « Production_Stockage » de la même façon que pour un CTE classique.

Ci-dessous la liste exhaustive des données d'entrée à saisir au niveau dans l'interface du nouvel objet qui correspond à la PAC eau de boucle/eau.

⁴ Méthode de calcul Th-BCE 2020 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R 172-6 du code de la construction et de l'habitation : <http://www.rtr-batiment.fr/textes-reglementaires-a617.html>.

- Mode de régulation de la température du réseau de chauffage du groupe

Gest_2nd_Ch 1 : Température départ constante
 2 : Température retour constante
 3 : Modulation en fonction de la température extérieure

- Température maximale annuelle de la source amont

Theta_max_source Valeur à saisir °C

- Statut de la valeur pivot en ECS

Statut_Val_Pivot_ECS 0 : Valeur certifiée
 1 : Valeur justifiée
 2 : Valeur déclarée
 3 : Valeur par défaut

- Valeur pivot de la performance (COP) en ECS

Val_COP_ECS Valeur à saisir -

- Valeur pivot de la puissance absorbée des machines en ECS

Val_COP_ECS Valeur à saisir kW

- Type de fonctionnement du compresseur

Fonct_Comp 0 : Sans objet
 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en
 cycle ...
 3 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur

- Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu

Statut_Fonct_Comp 0 : Valeur certifiées
 1 : Valeur justifiée
 2 : Valeur par défaut

- Taux minimal de charge en fonctionnement continu

LRcontmin Valeur à saisir -

- Correction de la performance en fonction de la charge LRcontmin

CCP_LRcontmin Valeur à saisir -

- Statut du taux

Statut_Taux 0 : Valeur certifiées
 1 : Valeur justifiée
 2 : Valeur par défaut

- Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale

Taux Valeur à saisir -

- Températures limites de fonctionnement

- Arrêt de la machine dû aux limites des températures des sources en ECS

Lim_Theta_Ecs 0 : Pas de limite des températures de sources
 1 : Arrêt sur les limites des deux températures de source
 simultanées...

2 : Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source

- Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS

Theta_Max_Av_ECS
Valeur à saisir °C
- Température maximale aval en-dessous de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS

Theta_Min_Av_ECS
Valeur à saisir °C

La température maximale annuelle de la source amont doit être saisie en fonction du mode de régulation de température du réseau de chauffage de l'appareil, qui est un paramètre à ressaisir.

- En effet, si l'émission de chauffage est assurée avec une température de retour constante, alors cette température doit être saisie comme température maximale annuelle de la source amont.
- Sinon, si l'émission de chauffage est assurée avec une température de départ constante ou en fonction de la température extérieure, alors la température maximale annuelle est fixée à 25 °C.

16.12.4 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du module						
	Nom	Description	Unité	Mi n	Max	Conv.
Gestion/régulation de la génération et du ballon	$\theta_{aval}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération et du ballon de stockage	°C	-	-	-
	$Q_{req}(h)$	Demande en énergie en ECS ou en chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération et du ballon de stockage.	Wh			
	$R_{puis_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel			
	$\theta_{amb}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve la génération	°C			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Mi n	Max	Conv.
	<i>Name</i>	Nom du composant	-	-	-	-
	<i>Index</i>	Identifiant unique du composant	-	0	+	-

$Id_{priorité_ch}$	Indice de priorité du générateur en chauffage	Ent.	0	$+\infty$	-
$Id_{priorité_ecs}$	Indice de priorité du générateur en ECS	Ent.	0	$+\infty$	-
$Rdim$	Nombre de composants identiques, assimilé ici au nombre de générateur par ballon	Ent.	1	1	-
	Type de fluide caloporteur :				
	1 : eau				
Id_{FI_Aval}	2 : air ambiant	-	1	3	1
	3 : sol				
	Fonction du composant en tant que générateur :				
Id_{fougen}	3 : ECS seule	Ent.	3	3	-
$\theta_{max_av_Igen}$	Température aval maximale pour le chauffage	°C	0	$+\infty$	100
	Identificateur/Nature du fluide amont (plancher chauffant)				
$Id_{fluide-amont}$	1 : eau	Ent.	1	1	-
Id_{source_amont}	Identifiant de la source amont	-	0	$+\infty$	0
θ_{max_source}	Température maximale annuelle de la source amont	°C	20	35	-
	Mode de régulation de la température du réseau de chauffage du groupe :				
	1 : température de départ constante				
Id_{gest_ch}	2 : température de retour constante	Ent.	1	3	-
	3 : modulation en fonction de la température extérieure				
	Type de fonctionnement du compresseur :				
	0 : Sans objet				
$Fonct_compre$	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur	-	0	2	-
	2 : Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur				

Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu :

Statut_Fonc_Continu	0 : valeur certifiée	-	0	2	-
	1 : valeur justifiée				
	2 : valeur par défaut				
$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu (= 1 si machine ou tout rien)	-	0	1	-
$Ccp_{LRcontmin}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$.	-	-	2	-

Puissance d'auxiliaires de la machine

Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine :

Statut_Taux	0 : valeur certifiée	Ent.	0	2	-
	1 : valeur justifiée				
	2 : valeur par défaut				
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	-

Limites de fonctionnement de la machine selon le mode

Arrêt de la machine dû aux limites des températures des sources en ECS :

Lim_{θ_ecs}	0 : Pas de limite des températures de sources	Ent.	0	2	-
	1 : Arrêt sur les limites des deux températures de source simultanément				
	2 : Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source				
$\theta_{max_av_ecs}$	Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS	°C	- 50	100	-
$\theta_{min_am_ecs}$	Température minimale amont en-dessous de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS	°C	- 50	100	-

Saisie des performances certifiées, justifiées, déclarées ou par défaut en mode ECS

Statut de la valeur pivot de performance (COP) en ECS :

1 : Valeur certifiée

Statut_Val_Pivot_E

2 : Valeur justifiée

Ent. 1 4 -

3 : Valeur déclarée

4 : Valeur par défaut

Val_Pabs_ecs

Valeur pivot de la puissance absorbée des machines en mode ECS

kW 0 $+\infty$ -

Val_COP_ecs

Valeur pivot de la performance (COP) en mode ECS

- 0 $+\infty$ -

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$P_{n,gen,ecs}(h)$	Puissance nominale du générateur en ECS.	W	-	-	-
$P_{max}(h)$	Puissance maximale du générateur au pas de temps h.	W	0	+	-
$\emptyset_{vc}(h)$	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises à l'ambiance	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur	Wh			
$Q_{fou}(h)$	Énergie fourni par le générateur, au pas de temps h.	Wh			
$Q_{prelec}^{gnr}(h)$	Énergie électrique produite par le générateur, au pas de temps h.	Wh			
$Q_{rest}(h)$	Énergie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant pour un générateur	Wh			
$\tau_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge du générateur	Réel			
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS,	Réel			

	à puissance maximale, au pas de temps h.					
$W_{aux,pro}^{gnr}(h)$	Consommation des auxiliaires, au pas de temps h	Wh				
$\{Q_{cef_Ecs}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale pour la production d'ECS en fonction des énergies utilisées (Gaz, Fioul, Charbon, Bois, Electricité, Réseau de fourniture)	Wh				
$P_{n_Gen_ch}(h)$	Puissance nominale du générateur en chauffage	W				
$\{Q_{cef_ch}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale pour le chauffage en fonction des énergies utilisées (Gaz, Fioul, Charbon, Bois, Electricité, Réseau de fourniture)	Wh				
$\emptyset_{rejet}(h)$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement)	Wh				
Variables internes						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
θ_{min_source}	Température minimale annuelle de la source amont	°C	-	-	-	
$Id_{min_i_source}$	N° du mois durant lequel la température de la source amont est la plus faible	-	0	+	-	
$\theta_b(j)$	Température de la source amont le jour j	°C				
$\theta_{amont_considere}(h)$	Température de la source amont prise en compte par le générateur	°C				
Constantes						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$\theta_{dep_ch_min}$	Valeur minimale de température de départ du réseau du groupe en chauffage en fonctionnement	°C		-	20	

Tableau 7 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.12.5 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

16.12.5.1. *Données d'entrée figées dans le moteur de calcul*

$Id_{fougen} = 3$ (mode ECS) ;

$Id_{source_amont} = 0$ (la source amont est modélisée directement au niveau du générateur) ;

$Id_{fluide_aval} = 1$; $Id_{fluide_amont} = 1$; (les fluides amont et aval correspondent à de l'eau)

$Rdim = 1$ (le nombre du générateur identique par ballon est fixé à 1).

16.12.5.2. *Calcul de la température de la source amont*

Pour modéliser le retour du plancher chauffant ou toute autre boucle d'eau dont la température est comprise entre 20°C et 35°C, la température de l'eau de la source amont est calculée chaque mois et suit une évolution sinusoïdale au cours de l'année.

Les températures maximale et minimale de la source amont ainsi que le mois pendant lequel la température de l'eau est minimale sont définis ; l'évolution mensuelle de la température de la source amont est ainsi calculée.

$$\theta_b(j) = A + B \cdot \sin\left(2\pi \cdot \frac{num_{mois}(j)}{12} + \varphi\right) \quad (46)$$

Avec

$$A = \left(\frac{\theta_{min_source} + \theta_{max_source}}{2}\right) \quad (47)$$

$$B = \left(\frac{\theta_{max_source} - \theta_{min_source}}{2}\right) \quad (48)$$

$$\varphi = \pi \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{id_{mois_min_i_source}}{6}\right) \quad (49)$$

Donc

$$\theta_{amont_considere}(h) = \theta_b(j) \quad (50)$$

De plus, il est possible de fixer certains paramètres de la variation sinusoïdale. En effet, la température de la source amont se situe entre 20 et 35°C avec un minimum atteint lors de la saison de non-chauffage, c'est-à-dire en été. Ainsi, il est possible de fixer les paramètres suivants.

$$id_{mois_min_i_source} = 7 \quad (51)$$

$$\theta_{min_source} = \theta_{dep_ch_min} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (52)$$

Concernant la température maximale annuelle, elle est à définir par l'utilisateur suivant quelques conditions.

- Si l'émission de chauffage s'effectue avec une température de retour constante, alors il faut saisir cette température comme température maximale annuelle de la source amont :

$$\theta_{max_source} = \text{Valeur_utilisateur} \quad (53)$$

- Sinon, si l'émission de chauffage s'effectue avec une température de départ constante ou en fonction de la température extérieure, alors :

$$\theta_{max_source} = 25^{\circ}\text{C} \text{ (fixée par défaut dans l'interface)} \quad (54)$$

Autrement dit :

- Si Gest_2nd_Ch = 2 : Température de retour constante

$$\theta_{max_source} = \text{valeur utilisateur} \quad (55)$$

- Sinon

$$\theta_{max_source} = 25^{\circ}\text{C} \quad (56)$$

16.12.5.3. Modélisation du générateur thermodynamique

Pour le générateur de base, une PAC eau de boucle/eau a été modélisée en reprenant les algorithmes relatifs aux générateurs thermodynamiques électriques « chap. 8.23 » et plus précisément les algorithmes relatifs à la PAC eau de nappe/eau en mode ECS « chap. 8.23.3.4.4 » de la méthode Th-BCE 2020⁵.

Néanmoins, étant donné que la plage de température de retour de la boucle de chauffage s'étend davantage de 20 à 35 °C, les températures de la matrice de performances ont été modifiées.

16.12.5.3.1. Performances à pleine charge en ECS

Les matrices de performance pour chacun des paramètres à pleine charge sont décrites ci-dessous :

- Valeur pivot de la performance (COP) en ECS ;
- Valeur pivot de la puissance absorbée (P_{abs}) en ECS ;
- Statut de la valeur pivot en ECS (0 : Valeur certifiée, 1 : Valeur justifié, 2 : Valeur déclarée, 3 : Valeur par défaut).

La matrice de performances des machines sur retour de boucle de chauffage est la suivante :

		Θ _{amont} [°C]			
	Θ _{retour} (retour boucle de chauffage) [°C]	20	25	30	35
	Θ _{départ} [°C]	17	22	27	32
	Θ _{amont} [°C]	18,5	23,5	28,5	33,5
Θ _{aval} [°C]	Priorité	2	1	3	4

⁵ Méthode de calcul Th-BCE2020 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R 172-6 du code de la construction et de l'habitation : <http://www.rti-batiment.fr/textes-reglementaires-a617.html>.

5	7				
15	5				
25	3				
35	2				
45	1		Point pivot		
55	4				
65	6				

Tableau 8 – Matrice de performances de la PAC eau de boucle/eau en mode ECS.

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 25\text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 45\text{ °C}$

16.12.5.3.1.1. Calcul des performances par défaut

- Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Température aval	Température amont
$C_{\text{nav_COP}}(35,45) = 1,2$	$C_{\text{nam_ECS}}(20,25) = 0,9$
$C_{\text{nav_COP}}(25,45) = 1,4$	$C_{\text{nam_ECS}}(30,25) = 1,1$
$C_{\text{nav_COP}}(55,45) = 0,8$	$C_{\text{nam_ECS}}(35,25) = 1,2$
$C_{\text{nav_COP}}(15,45) = 1,6$	
$C_{\text{nav_COP}}(65,45) = 0,6$	
$C_{\text{nav_COP}}(5,45) = 1,8$	

Tableau 9 – PAC eau de boucle/eau, coefficient C_{nn} pour le COP.

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(1,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam_COP}}(5, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(2,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam_COP}}(15, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(3,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(3,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam_COP}}(25, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(4,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(4,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam_COP}}(35, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(6,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(6,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam_COP}}(55, 45) \\
 &\text{si } \{COP_{\text{util}}(7,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_{\text{util}}(7,2)\} = \{COP_{\text{util}}(5,2)\} \times C_{\text{nam_COP}}(65, 45)
 \end{aligned} \tag{57}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante.

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N\theta_{aval}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnav_COP(20, 25) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnav_COP(30, 25) \\
 &\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnav_COP(35, 25)
 \end{aligned} \tag{58}$$

- Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Température aval	Température amont
$Cnnav_abs(35,45) = 1,1$	$Cnnav_ECS(20, 25) = 0,95$
$Cnnav_abs(25,45) = 1,2$	$Cnnav_ECS(30,25) = 1,05$
$Cnnav_abs(55,45) = 0,9$	$Cnnav_ECS(35,25) = 0,9$
$Cnnav_abs(15,45) = 1,3$	
$Cnnav_abs(65,45) = 0,8$	
$Cnnav_abs(5,45) = 1,4$	

Tableau 10 – PAC eau de boucle/eau, coefficient Cnn pour le $Pabs$.

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{ValPabs(1,2)\} = 0 \\
 &\quad \{ValPabs(1,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav_Pabs(5, 45) \\
 &\text{si } \{ValPabs(2,2)\} = 0 \\
 &\quad \{ValPabs(2,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav_Pabs(15, 45) \\
 &\text{si } \{ValPabs(3,2)\} = 0 \\
 &\quad \{ValPabs(3,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav_Pabs(25, 45) \\
 &\text{si } \{ValPabs(4,2)\} = 0 \\
 &\quad \{ValPabs(4,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav_Pabs(35, 45) \\
 &\text{si } \{ValPabs(6,2)\} = 0 \\
 &\quad \{COP_util(6,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav_Pabs(55, 45) \\
 &\text{si } \{ValPabs(7,2)\} = 0 \\
 &\quad \{ValPabs(7,2)\} = \{ValPabs(5,2)\} \times Cnnav_Pabs(65, 45)
 \end{aligned} \tag{59}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante.

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N\theta_{aval}$

$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{Pabs_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{Pabs_util(i,1)\} = \{Pabs_util(i,2)\} \times Cnnav_Pabs(20, 25) \\
 &\text{si } \{Pabs_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{Pabs_util(i,3)\} = \{Pabs_util(i,2)\} \times Cnnav_Pabs(30, 25) \\
 &\text{si } \{Pabs_util(i,4)\} = 0 \\
 &\quad \{Pabs_util(i,4)\} = \{Pabs_util(i,2)\} \times Cnnav_Pabs(35, 25)
 \end{aligned} \tag{60}$$

16.12.5.3.2. Fonctionnement à charge partielle en ECS

16.12.5.3.2.1. Fonctionnement en mode continu ou en cycles M/A du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable. Fonc_compr = 1 lorsque :

$$P_{fou_LR} \geq P_{fou_LRcontmin} \quad (61)$$

Avec :

$$LR = \frac{P_{fou_LR}}{P_{fou_pc_brut}} \quad (62)$$

$$P_{fouLR} = \min \{Q_{req_act} ; P_{fou_pc}\} \quad (63)$$

Sur la plage de fonctionnement continu du compresseur à puissance réduite, on a :

$$P_{abs} = P_{comp} + P_{aux} \quad (64)$$

Il convient de noter que P_{compma} est par nature nul ici.

Le COP et le EER , calculés sur la consommation du compresseur seul (hors auxiliaires), varient linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement continu

En revanche, on caractérise les performances, le taux minimal de charge en fonctionnement continu, $LR_{contmin}$, et le coefficient de correction de la performance correspondant, $CCP_{LRcontmin}$, pour l'ensemble moteur et auxiliaires. $LR_{contmin}$ et $CCP_{LRcontmin}$ peuvent être obtenu par des essais.

En effet, du fait du mode de test on ne peut pas distinguer P_{comp} et P_{aux} .

Nota : de ce fait, P_{abs} ne varie pas linéairement avec LR .

On est donc amené à déterminer un COP_{net} ou un EER_{net} et un CCP_{net} , c'est-à-dire hors auxiliaires. Alors CCP_{net} varie linéairement sur la plage $LR_{contmin} ; 1$.

On présente la formulation en mode ECS :

$$COP_{pc_net} = \frac{P_{fou_pc}}{P_{comp_pc}} = \frac{COP_{pc} \cdot P_{fou_pc_brut}}{P_{fou_pc_brut} - COP_{pc} \cdot P_{aux}} \quad (65)$$

$$CCP_{LRcontmin_net} = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp_pc} \cdot CCP_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs_pc} - CCP_{LRcontmin} \cdot P_{aux}} \quad (66)$$

$$P_{comp_pc} = P_{abs_pc} - P_{aux} \quad (67)$$

Un message d'alerte est envoyé lorsque : « $LR_{contmin} \cdot P_{abs_pc} < CCP_{LRcontmin} \cdot P_{aux}$ »

”les données de la machine thermodynamique entrées ne permettent pas un calcul correct et ne permettent pas de juger de la conformité réglementaire du projet.”

Pour un taux de charge situé entre LR_{conmin} et 1 :

$$CCP_{LR_net} = COP_{pc_net} \cdot \left(1 + (CCP_{LRcontmin_net} - 1) \cdot \left(\frac{1 - LR}{1 - LR_{contmin}} \right) \right) \quad (68)$$

$$P_{comp_LR} = \frac{P_{fou_LR}}{COP_{LR_net}} \quad (69)$$

$$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{aux} \quad (70)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \quad (71)$$

16.12.5.3.2.2. Fonctionnement en cycle marche arrêt (M/A) du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement avec :

- Les machines à régulation de compresseur tout ou rien ($\text{Fonc_compr} = 2$) ($LR_{contmin} = 1$) ;
- Les machines à régulation de puissance variable ($\text{Fonc_compr} = 1$), lorsque :

$$P_{fouLR} < (P_{fou_pc_brut} \cdot LR_{contmin}) \quad (72)$$

Avec :

$$LR_{cycl} = \frac{P_{fouLR}}{(P_{fou_pc_brut} \cdot LR_{contmin})} \quad (73)$$

$$P_{fouLR} = \min\{Q_{res_act} ; P_{fou_pc}\} \quad (74)$$

Le compresseur fonctionne en cycle marche arrêt.

En valeur moyenne sur une heure, le fonctionnement est le suivant :

1) la puissance du compresseur, P_{comp} , varie linéairement entre 0 pour $LR = 0$ et $P_{comp_LRcontmin}$ pour $LR = LR_{contmin}$,

$$P_{comp_LR} = P_{comp_LRcontmin} \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR}{LR_{contmin}}\right) \quad (75)$$

Avec :

$$P_{comp_LRcontmin} = \frac{P_{fou_LRcontmin}}{COP_{LRcontmin_net}} \quad (76)$$

2) la puissance liée aux irréversibilités, P_{compma} , est nulle à charge nulle et à charge $LR_{contmin}$.

A l'intérieur de cette plage, sa valeur est égale à :

$$P_{compma_LR} = P_{comp_LRcontmin} \cdot \frac{D_{eq} \cdot LR_{cycl} \cdot (1 - LR_{cycl})}{D_{fou0}} \quad (77)$$

D_{eq} est la durée équivalente liée aux irréversibilités, c'est une caractéristique de la machine. Elle peut être recalé sur des résultats d'essais à charge partielle en fonctionnement tout ou rien. Par défaut $D_{eq} = 0.5$ minute

D_{fou_0} est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond simplement au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Le tableau ci-dessous en donne les valeurs.

<i>inertie</i>	ECS
<i>typologie</i>	-
<i>D_{fou0} en min.</i>	26
<i>Typo_émetteur</i>	5

Tableau 11 – Valeurs conventionnelle de D_{fou0} en minutes pour différents systèmes d'émission.

On peut donc calculer la puissance pour chaque taux de charge :

$$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{compma_LR} + P_{aux} \quad (78)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \quad (79)$$

Ainsi que le COP ou l' EER correspondant.

Nota 1 : dans le cas général, ni P_{abs} , ni COP (ni EER) ne sont linéaires. Si P_{compma} est négligeable, les pertes sont fonction linéaire de LR (et pas le COP).

16.12.5.3.2.3. Valeurs déclarées et par défaut

Type de fonctionnement :

- Valeur déclarée

Le fonctionnement est un fonctionnement en mode continu du compresseur, Les valeurs peuvent être :

Statut_Fonctionnement_C :

- Valeur certifiée
- Valeur justifiée, les valeurs justifiées sont calculées comme suivant :
 1. $LR_{contmin}$ de calcul = $LR_{contmin}$ mesuré + 0.05.
 2. $Ccp_{LRcontmin}$ de calcul = $Ccp_{LRcontmin}$ mesuré * 0.9.
 3. Part de la puissance électrique des auxiliaires : P_{aux}/P_{abs_nom} de calcul = 1.1 * P_{aux}/P_{abs_pc} mesuré. D_{eq} de calcul = D_{eq} mesuré + 0.2 min
- Valeur par défaut, la valeur par défaut définies ci-après :
 4. $LR_{contmin}$ de calcul = 0.4.
 - $Ccp_{LRcontmin}$ de calcul = 1.
 - Part de la puissance électrique des auxiliaires : P_{aux}/P_{abs_nom} de calcul = 0.02.
 - D_{eq} de calcul = 0.5 min.

16.12.5.3.2.4. Calcul des données de sortie à l'issue du traitement en mode ECS

Le calcul des données de sortie pour le mode ECS est décrit comme suivant :

$$Q_{cef-ecs}(id_{engen})(h) = P_{abs_LR}(h) . Rdim \quad (80)$$

$$\eta_{eff_ecs}(h) = COP_{LR}(h) \quad (81)$$

$$Q_{fou-ecs}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (82)$$

$$Q_{rest-ecs}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (83)$$

$$\tau_{charge-ecs}(h) = LR(h) \quad (84)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en ECS. Pour le mode ECS, la quantité d'énergie se calcul comme suivant :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (85)$$

16.12.5.4. ***Prise en compte de l'impact du CET sur les besoins de chauffage***

Pour prendre en compte l'impact dynamique du fonctionnement du CET sur la température du groupe dû au rafraîchissement de la température du plancher chauffant, les rejets du CET sont imputés aux pertes thermiques et aux puissances des auxiliaires transmises à l'ambiance.

$$\phi_{vc}(h) = \phi_{rejet}(h)/0,6 \quad (86)$$

16.13 C_GEN_PAC_sur_eaux_grises

16.13.1 DESCRIPTION GENERALE

Le système de PAC sur Eaux grises avec stockage est un système de récupération de chaleur sur les eaux usées. L'énergie thermique ainsi récupérée est recyclée dans les installations d'eau chaude collectives via une pompe à chaleur eau/eau.

Le système est composé :

- D'un système de transit ou de stockage des eaux ménagères au sens de la NF EN 16323 (également appelées eaux grises) pouvant différer suivant l'emploi du système ERS de Biofluides ou PAC FACTEUR 7 de Solaronics Chauffage
- D'une pompe à chaleur sur eaux grises avec la présence éventuelle d'un préchauffeur sur l'eau froide
- D'un ballon de stockage classique ou à pression variable. Dans le cas du ballon variable, le système permet de produire (suivant le dimensionnement) **tout le besoin sans appoint ou alors avec un appoint séparé instantané (notamment pour le maintien de la boucle en température).**
- D'un générateur d'appoint (le cas échéant)

Le système ERS est composé de :

- Une cuve de transit d'eaux grises
- Un ballon de captage
- Une ou plusieurs pompes à chaleur avec ou sans préchauffeur statique, éventuellement alimentée directement en électricité par un appoint ECS de type micro-cogénération pilotée par l'ERS et permettant une compression entraînée par un moteur thermique.
- Un ou plusieurs ballons de stockage classique

Le système PAC FACTEUR 7 est composé de :

- une pompe à chaleur électrique ou moteur gaz
- une pompe d'amenée d'eaux grises à la PAC
- un échangeur préchauffeur statique
- des ballons (au moins 2) de stockage d'eau chaude, pouvant être classique ou à niveau variable
- un compresseur d'air sec (pour stockage à niveau variable)
- des ballons de stockage d'eaux grises à niveau variable
- un filtre automatique
- un système de régulation simple.

16.13.2 DOMAINE D'APPLICATION

Le champ d'application du système PAC sur eaux grises avec stockage s'étend à **toutes les typologies de bâtiments soumises à la RE2020, hors maisons individuelles ou accolées**, pourvu qu'une production d'eau chaude soit demandée, tout en ayant à disposition une source d'énergie tiède en phase liquide.

La prise en compte du système PAC sur eaux grises avec stockage est possible dans le cas où la récupération d'eaux grises est possible.

Les réseaux de distribution entre la PAC et les ballons sont à minima **de classe 2** et régulièrement maintenus à une température supérieure à 50°C.

La prise en compte des eaux grises issus des eaux de lave-linge et lave-vaisselle est possible uniquement dans le cas d'un projet de bâtiment à usage résidentiel collectif.

16.13.3 *METHODE DE PRISE EN COMPTE*

Le système PAC sur EG est modélisé par six éléments. Suivant la configuration du système PAC sur EG du projet, la modélisation fait appel ou non à ces éléments

Le premier est la prise en compte des « Eaux grises ». Elle assure le calcul à partir des indicateurs temporels de la quantité d'eaux grises disponibles.

Le deuxième est de type « Source amont » qui décrit les sources amont de type eaux grises pouvant être liées à la PAC sur eaux grises.

Le troisième est de type « Pompe à chaleur » qui permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques ayant pour source amont les eaux grises. Ces systèmes peuvent être soit à compression électrique soit à moteur gaz (compresseur mécanique entraîné par un moteur thermique) en fonctionnement ECS.

Le quatrième est de type « Production Stockage », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir le modèle correspondant au système PAC FACTEUR 7 à savoir un chauffe-eau avec base et à appoint séparé instantané.

Le cinquième est de type « Gestion Régulation », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et définit l'énergie à fournir par le générateur pour couvrir les besoins ECS.

Le sixième est de type « Ballon de stockage », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et décrit le fonctionnement du ballon de stockage à volume variable du système PAC FACTEUR 7.

16.13.4 *FICHE ALGORITHME : CALCUL DU VOLUME D'EAUX GRISES AVEC PRISE EN COMPTE DES EAUX DE LAVAGE POUR LE SYSTEME PAC SUR EAUX GRISES TYPE ERS ET FACTEUR 7*

16.13.4.1. *Introduction*

Les besoins d'ECS sont déterminants dans la prise en compte du système PAC sur eaux grises avec stockage. Ils représentent la quantité d'ECS à fournir par le système de production, et influencent aussi la quantité d'eaux grises qui sera utilisable pour la récupération de chaleur.

Actuellement, dans le cas général décrit dans la fiche *C_EIN_besoins_ECS*, les eaux de laves linges et laves vaisselles ne sont pas intégrées dans la quantité d'eaux grises émises par les différents usages. Ces volumes d'eaux chauffées n'interviennent pas non plus dans les besoins en eau chaude sanitaire, puisque la majorité de ces appareils sont raccordées en eau froide. Les eaux de lavage sont chauffées par la résistance électrique interne aux appareils. Ces eaux, chauffées entre 30 et 90°C, participent au rendement énergétique de la PAC sur eaux grises avec stockage sont donc prises en compte dans cette fiche algorithme.

16.13.4.2. *Nomenclature du modèle*

Pour les besoins et émissions en ECS repris de la méthode de calcul générique ainsi que les constantes et paramètres intrinsèques pour la prise en compte des eaux de lavage.

Entrées

Nom	Description	Unité
$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	Entier
ah	Clé de répartition horaire	-
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS (dépend de la zone climatique)	°C
Sorties		
Nom	Description	Unité
T_{hor}^{EG}	Température des eaux grises	°C
V_{hor}^{EG}	Volume horaire des eaux grises à la température T_{hor}^{EG}	L

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
gain _{em-e}	Gain sur les besoins d'ECS dû aux émetteurs d'ECS	-	0	$+\infty$	
Rat _{douches-bains}	Pourcentage conventionnel des besoins d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains	-	0	1	
gain _{app-e}	Gain sur les besoins d'ECS dû aux appareils sanitaires d'ECS	-	0	$+\infty$	
Usage _{zone}	Type d'usage de la zone				
Is_LL_LV	Indicateur de présence de lave-linge et lave-vaisselle	bool			

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A^{gr}	Surface utile du groupe	m ²	0	$+\infty$	-
Rat _{eme^{gr,em-e}}	Ratio de surface du groupe desservi par un émetteur ECS équivalent	-	0	1	-
Nu _{gr,em-e}	Nombre d'unités caractéristiques desservies par un émetteur ECS équivalent (pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logement collectif)	-	0	$+\infty$	
Nb _{igt-e^{gr,em-e}}	Nombre de logements desservis par un émetteur ECS équivalent (pour un logement collectif)	-	1	$+\infty$	

$Nb_{\text{maison}}^{\text{gr,em-e}}$	Nombre de maisons desservies par un émetteur ECS équivalent (pour des maisons individuelles, >1 pour les maisons accolées)	-	1	$+\infty$	
$M_{\text{part}}^{\text{em-e}}$	Matrice de représentativité des trois catégories d'émetteurs (1-mélangeurs et autres / 2-mitigeurs thermostatiques et mécaniques économes/ 3-électroniques et temporisateurs)	-	-	-	
$Part^{\text{em-e}}_{\text{autre}}$	Part des besoins d'ECS passant par des mélangeurs, pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
$Part^{\text{em-e}}_{\text{mit_thermo}}$	Part des besoins d'ECS passant par des mitigeurs thermostatiques et les mitigeurs mécaniques économes, pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
$Part^{\text{em-e}}_{\text{tempo}}$	Part des besoins d'ECS passant par des robinets électroniques et les temporisateurs (électroniques ou mécaniques), pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
App_ECS	Type d'appareils sanitaires ECS lié à l'émetteur ECS équivalent (= 1 si douche(s) seule(s) / = 2 si baignoire standard / = 3 si grande baignoire)	-	1	3	
Id _{corr}	Mode de calcul du coefficient correctif de l'émission équivalente d'ECS (= 0 calcul détaillé / = 1 calcul simplifié)	-	0	1	-
Corr_util ^{gr,em-e}	Valeur à saisir du coefficient correcteur	-	0	1	-

Constantes du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Débit _{heb_LL}	Volume hebdomadaire d'eau de lavage en lave-linge par adulte équivalent	$L \cdot \text{sem}^{-1}$ $\cdot Nb_{ad_eq}_1$	-	-	24
Débit _{heb_LV}	Volume hebdomadaire d'eau de lavage en lave-vaisselle par adulte équivalent	$L \cdot \text{sem}^{-1}$ $\cdot Nb_{ad_eq}_1$	-	-	13.2
θ^{LL}	Température des eaux grises issues des laves linges	°C			33
θ^{LV}	Température des eaux grises issues des laves vaisselles	°C			48
θ_{uw}	Température de l'eau mitigée au point de puisage	°C			40

16.13.4.3. Assemblage des composants

16.13.4.3.1. Emissions d'ECS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche $C_EIN_emissions_ECS$ est repris. On ne considère que les équations traitant du volume d'ECS. On souhaite ici calculer le coefficient correcteur appliqué à chaque appareil sanitaire émetteur d'ECS.

On calcule les besoins d'ECS par émission équivalente avec les 2 paramètres suivants :

- Le ratio de surface utile du groupe desservie $Rat_{eme}^{gr,em-e}$;
- Le nombre d'unités concernées (maisons accolées, logements).

Il est important que la somme des ratios de surface utile du groupe desservie soit égal à 1.

$$\sum_{em-e} Rat_{eme}^{gr,em-e} = 1 \quad (87)$$

La surface du groupe desservie par un émetteur ECS s'exprime de la façon suivante :

$$A^{gr,em-e} = Rat_{eme}^{gr,em-e} \cdot A^{gr} \quad (88)$$

L'utilisateur attribue le pourcentage des besoins d'ECS qui passe par les 3 catégories d'émetteurs :

$$M_{part_{em-e}}^{em-e} = [Part_{autre}^{em-e}; Part_{mit_thermo}^{em-e}; Part_{tempo}^{em-e}] \quad (89)$$

La somme de ces coefficients doit être égale à 1. Pour chaque catégorie on associe un gain potentiel sur les besoins d'ECS :

- Mélangeurs, mitigeurs mécaniques et autres : 0% ;
- Mitigeurs thermostatiques et mitigeurs mécaniques économes : 5% ;
- Temporisateurs et robinets électroniques : 7%.

On calcule donc un coefficient de correction sur les besoins d'ECS associés :

$$corr_{em-e}^{gr,em-e} = 1 - \sum_i M_{part_{em-e}}(i) \cdot gain_{em-e}(i) \quad (90)$$

On nomme $Rat_{douches-bains}$ le pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou bains. Il est de 80% pour les maisons individuelles ou accolées et logements collectifs ; de 90% pour les hôtels partie nuit, hébergement et établissements sportifs ; de 50% pour les établissements d'accueil de la petite enfance et les bureaux. On suppose aussi un gain (positif ou négatif) en fonction du type d'appareils sanitaires.

Le coefficient correctif global appliqué aux appareils sanitaires est donc :

$$corr_{app-e}^{gr,em-e} = 1 - (Rat_{douches-bains} \cdot gain_{app-e}) \quad (91)$$

Globalement, on a donc :

- Si $Id_{corr}=0$ (Calcul détaillé)

$$corr_e^{gr,em-e} = corr_{app-e}^{gr,em-e} \cdot corr_{em-e}^{gr,em-e} \quad (92)$$

- Si $Id_{corr}=1$ (Calcul simplifié)

$$corr_e^{gr,em-e} = corr_{util}^{gr,em-e} \quad (93)$$

16.13.4.3.2. Besoin d'ECS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche *C_EIN_besoins_ECS* est repris. On ne considère que les équations traitant du volume d'ECS.

Le volume d'eau chaude mitigée exprimé en litres pour une heure donnée vaut :

$$V_{uw}(h) = a \cdot ah \cdot Nu \quad (94)$$

Le volume total hebdomadaire d'ECS est le produit des besoins unitaires a (en nombre de litres d'eau à la température θ_{cw}) et du nombre d'unités caractéristiques de l'émetteur ECS équivalent $N_{gr,em-e}$.

Pour les usages maison individuelle ou accolée et logements collectifs, le nombre d'unités est le nombre d'adultes équivalents N_{adeq} , calculée à partir de la fiche algorithme des scénarios conventionnels.

En usage logements collectifs ($Usage_{zone} = 2$), la surface moyenne d'un logement desservi par l'émetteur ECS équivalent vaut :

$$A_{lgt}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{lgt-e}^{gr,em-e}} \quad (95)$$

On calcule ensuite :

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} < 10m^2 \\ 1,75 - 0,01875 \cdot (50 - A_{lgt}^{gr,em-e}) & \text{si } 10m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} < 50m^2 \\ 0,035 \cdot A_{lgt}^{gr,em-e} & \text{si } 50m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} \end{cases} \quad (96)$$

Le nombre d'adultes équivalents total est défini par :

$$Nu^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{lgt-e}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} < 1,75 \\ \max_{gr,em-e} \left(1,75 + 0,3 \times (N_{max}^{gr,em-e} - 1,75) \right) & \text{si } N_{max}^{gr,em-e} \geq 1,75 \end{cases} \quad (97)$$

On exprime ensuite les besoins unitaires :

$$a^{gr,em-e} = \min \left(500; \left(40 \cdot \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (98)$$

On arrive donc à un volume hebdomadaire à θ_{uw} par émetteur ECS équivalent :

$$V_{uw_hebdo}^{gr,em-e} = a^{gr,em-e} \cdot Nu^{gr,em-e} \quad (99)$$

Pour valoriser les appareils économes en ECS, on applique un FACTEUR correctif :

$$V_{uw_hebdo_corr}^{gr,em-e} = V_{uw_hebdo}^{gr,em-e} \cdot corr_e^{gr,em-e} \quad (100)$$

Pour chaque usage, les profils de soutirage sont définis et détaillés dans les scénarios. Ils varient en fonction du mois de l'année et du jour de la semaine, ainsi que de l'heure de la journée. On obtient ainsi une répartition du nombre de litre d'eau total hebdomadaire à θ_{uw} par émetteur ECS équivalent selon une clé de répartition horaire ah .

$$V_{uw_hor_corr}^{gr,em-e}(h) = V_{uw_hebdo_corr}^{gr,em-e} \cdot ah \quad (101)$$

16.13.4.3.3. Volume d'eaux grises

On peut ensuite calculer le volume hebdomadaire d'eaux grises de lavage en fonction du nombre d'adultes équivalents :

- Pour les laves linge :

$$V_{hedbo}^{LL} = Nadeq \cdot Débit_{heb_{LL}} \cdot IsLL_LV \quad (102)$$

- Pour les laves vaisselle :

$$V_{hedbo}^{LV} = Nadeq \cdot Débit_{heb_{LV}} \cdot IsLL_LV \quad (103)$$

A chaque pas de temps, le volume d'eaux grises issues des laves linge et laves vaisselles peut être exprimé :

- Pour les laves linge :

$$V_{hor,corr}^{LL}(h) = V_{hedbo}^{LL} \cdot clé_{hor}^{LL} \cdot f_{corr}^{LL} \quad (104)$$

- Pour les laves vaisselle :

$$V_{hor,corr}^{LV}(h) = V_{hedbo}^{LV} \cdot clé_{hor}^{LV} \cdot f_{corr}^{LV} \quad (105)$$

en appliquant la clé de répartition pour chaque heure de la journée et chaque jour de la semaine, puis le facteur correctif mensuel.

On peut ensuite obtenir le volume total d'eaux grises :

$$V_{hor}^{EG}(h) = V_{hor}^{LL}(h) + V_{hor}^{LV}(h) + V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h) \quad (106)$$

On peut enfin calculer la température d'arrivée des eaux grises au système PAC sur eaux grises avec stockage :

$$T_{hor}^{EG}(h) = \frac{\theta^{LL} \cdot V_{hor}^{LL}(h) + \theta^{LV} \cdot V_{hor}^{LV}(h) + (\theta_{uw} - 7) \cdot V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h)}{V_{hor}^{LL}(h) + V_{hor}^{LV}(h) + V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h)} \quad (107)$$

où $\theta^{LL} = 33^{\circ}\text{C}$ et $\theta^{LV} = 48^{\circ}\text{C}$ sont les températures moyennes après pertes en lignes des eaux de lavage des laves linge et laves vaisselles.

Les clés de répartition horaire et facteurs correctifs de la semaine pour les eaux grises issues des laves linges et laves vaisselles sont présentées ci-dessous.

	Clé de répartition horaire d'utilisation des lave-linge																							
jour/semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
2	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
3	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
4	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
5	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
6	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,013	0,017	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,004	0,004	0,002
7	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,013	0,017	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,004	0,004	0,002

	Clé de répartition horaire d'utilisation des lave-vaisselle																							
jour/semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
2	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
3	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
4	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
5	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
6	0,008	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,008	0,008	0,008	0,012	0,014	0,012	0,009	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008
7	0,008	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,008	0,008	0,008	0,012	0,014	0,012	0,009	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008

	Facteur correctif de la semaine Lave-linge											
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0	0,9	1	1	1
2	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0	0,9	1	1	1
3	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	1
4	1,15	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	0
5			1,1		1			0,8			1	

	Facteur correctif de la semaine Lave-vaisselle											
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0	1	1,1	1	1,05
2	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0	1	1,1	1	1,05
3	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0,85	1	1,1	1	1,05
4	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0,85	1	1,1	1	0
5			1,1		1			0,85			1	

16.13.5 FICHE ALGORITHME : SOURCE AMONT POUR LE SYSTEME PAC SUR EAUX GRISES AVEC STOCKAGE TYPE ERS ET FACTEUR 7

16.13.5.1. Introduction

Cette fiche décrit les sources amont de type eaux grises pouvant être liées à la PAC sur eaux grises.

16.13.5.2. PAC FACTEUR 7

On décrit dans un premier temps le modèle du ballon d'eaux grises, servant de source amont à la PAC pour le système PAC FACTEUR 7.

16.13.5.2.1. Nomenclature du modèle

Entrées ¹				
Nom	Description	Unité	Intervalle ²	Def ³
$T_{hor}^{EG}(h)$	Température des eaux grises	°C		
$V_{hor}^{EG}(h)$	Volume horaire des eaux grises à la température T_{hor}	L		
$Q_{fouPAC}(h - 1)$	Puissance fournie par la PAC au ballon de stockage lors de l'heure précédente	W		

Paramètres du module ⁴				
Nom	Description	Unité	Intervalle ⁵	Def

¹ Valeurs opérées par d'autres modules

² Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mention contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

³ Valeur par défaut

⁴ Rentrés par l'utilisateur

⁵ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mention contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

$V_{\text{tot_GW}}$	Volume total du ballon d'eaux grises	L	$[0, +\infty[$	
$(UA)_{\text{s_GW}}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises	W/K	$[0, +\infty[$	-
Statut_donnée_UA_s_GW	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 3 - Certifiée 2 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 1 - Par défaut	-	{1 , 3}	-
$L_{\text{vc_coll_e}}$	Longueur totale du collecteur des eaux grises	m	$[0, +\infty[$	-
$UA_{\text{collecteur_r_GW}}$	Coefficient de pertes thermiques du collecteur	W/m.K	$[0, +\infty[$	-
ECS_EG	Emetteur(s) d'ECS connecté(s) au ballon de récupération d'eaux grises {Usage de la zone, surface du groupe, Ratem-e,nb d'unités caractéristiques, idcorr_em, %mélangeur, %mitigeur, %temporisateur, app_ecs, corr_util}	-		

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Pe_{\text{GW}}(h)$	Pertes thermiques du ballon d'eaux grises à la fin du pas de temps h	W	$[0, +\infty[$	
$\theta_{\text{amont}}(h)$	Température amont	°C	$[0, 100]$	

Variables internes ⁶				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def

⁶ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$(UA)_{s_util_GW}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	$[0, +\infty[$	-
Pe_{z_GW}	Pertes thermiques de la zone du ballon d'eaux grises	W	$[0, +\infty[$	-
Vz_GW	Volume de la zone d'eaux grises du ballon	L	$[0, +\infty[$	-
U_{z_GW}	Pertes thermiques de la zone d'eaux grises du ballon	W/K	$[0, +\infty[$	
$\theta_{collecteur_GW}$	Température de l'eau entrant dans le collecteur	°C	$[0, 100]$	
$Pe_{collecteur_GW}$	Pertes thermiques au niveau du collecteur d'eaux grises	W	$[0, +\infty[$	-
V_p	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	L	$[0, +\infty[$	
$\theta_{z_GW} (h-1)$	Température de la zone au pas de temps h-1	°C	$[0, 100]$	-
$V_{p_GW} (h-1)$	Volume d'eaux grises puisé du ballon à la température $\theta_{z_GW} (h)$	L	$[0, +\infty[$	-
$V_{c_GW} (h-1)$	Volume d'eaux grises introduit dans le ballon en provenance d'usages	L	$[0, +\infty[$	-
$\theta_{c_GW} (h)$	Température des eaux grises à l'entrée du ballon	°C	$[0, 100]$	-

Constantes ⁷				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	-	1,163
$\theta_{puisage}$	Température de puisage	°C	$[0, 100]$	40
θ_{amb}	Température de l'air ambiant	°C	$[0, 100]$	20

⁷ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

16.13.5.2.2. Description du ballon de stockage d'eaux grises

Le ballon de stockage d'eaux grises est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du système. Le stockage est également un stockage à niveau variable et donc la température est considérée constante pour deux raisons :

- > *les eaux grises entrent par la partie supérieure du ballon et sortent en partie basse*
- > *la température de stockage est relativement proche de la température d'ambiance, ce qui fait que les déperditions sont minimales.*

Donc, le volume d'eau dans le ballon d'eaux grises est considéré comme une seule zone.

16.13.5.2.3. Description mathématique

16.13.5.2.3.1. Initialisation des variables

$$\theta_{z_GW}(0) = 33 \quad (108)$$

La valeur de V_{z_GW} est initialisée à 0.

16.13.5.2.3.2. Calcul des volumes disponibles

Le volume d'eaux grises V_{c_GW} est égal au volume d'eaux grises V_{hor}^{EG} issu du calcul des eaux grises.

16.13.5.2.3.3. Canalisation des eaux grises

- > *La température des eaux grises à l'entrée du collecteur au sous-sol est telle que :*

$$\theta_{CollecteurGW}(h) = T_{hor}^{EG}(h) \quad (109)$$

Ensuite, afin de déterminer la température des eaux grises à l'entrée du ballon d'eaux grises, les déperditions thermiques du collecteur sont calculées en fonction du diamètre du conduit et du coefficient de perte $UA_{collecteur_GW}$.

$$\theta_{c_GW}(h) = \theta_{collecteur_GW}(h) - \frac{Pe_{collecteur_GW}(h)}{UA_{collecteur_GW}} \quad (110)$$

On considère que les calculs pour le pas de temps h sont faits au début de ce pas de temps. Ce qui arrive au moment h dépend donc de ce qu'il s'est produit dans le pas de temps précédent.

Le volume horaire puisé d'eaux grises est obtenu à partir du volume d'eaux grises puisées par le générateur lors de l'heure d'avant

$$V_{p_GW}(h-1) = Q_{fouPAC}(h-1) / ((\theta_{amont}(h-1) - 5) \cdot \rho_w \cdot c_w)$$

Ensuite, le volume de la zone z du ballon d'eaux grises est calculé par :

$$V_{z_GW}(h) = \min(V_{z_GW}(h-1) + V_{c_GW}(h-1) - V_{p_GW}(h-1), V_{tot_GW}) \quad (111)$$

16.13.5.2.3.4. Calcul des pertes

Le coefficient de pertes du ballon d'eaux grises est constant et appliqué au volume d'eaux grises existant :

$$UA_{S_util_GW} = UA_{S_GW} \times 1,2 \quad (112)$$

car la valeur est déclarée.

$$U_{z_GW} = UA_{S_util_GW} \cdot \frac{V_{z_GW}}{V_{tot_GW}} \quad (113)$$

Les pertes sont les pertes thermiques du ballon d'eaux grises vers l'air ambiant. Les pertes de la zone z sont données par l'équation :

$$Pe_{z_GW}(h) = U_{z_GW} \times (\theta_{z_GW}(h-1) - \theta_{amb}(h)) \quad (114)$$

Les pertes du ballon d'eaux grises sont telles que :

$$Pe_{GW} = Pe_{z_GW} \quad (115)$$

car le ballon est formé d'un seul volume.

16.13.5.2.3.5. Calcul de la température de la zone du ballon d'eaux grises au pas de temps précédent

La température des eaux grises dans la cuve est déterminée en deux étapes.

- > Détermination d'une température intermédiaire après l'effet de la perte thermique

$$\theta_{z_GW}(h) = \theta_{z_GW}(h-1) - \frac{Pe_{z_GW}(h-1)}{V_{z_GW}(h-1) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (116)$$

- > Détermination de la température finale après les éventuels mélanges d'eaux grises entrant dans la cuve

$$\theta_{z_GW}(h) = \frac{V_{z_GW}(h-1) \cdot \theta_{z_GW}(h-1) + V_{c_GW}(h-1) \cdot \theta_{c_GW}(h-1)}{V_{z_GW}(h-1) + V_{c_GW}(h-1)} \quad (117)$$

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{z_GW}(h)$$

16.13.5.3. ERS

On décrit ici le fonctionnement de la source amont de la PAC pour le système ERS.

16.13.5.3.1. Nomenclature du modèle

Entrées ⁸				
Nom	Description	Unité	Intervalle ⁹	Def ¹⁰
Q _{amontPAC} (h-1)	Quantité de chaleur prélevée par la PAC au pas de temps précédent	J		

⁸ Valeurs opérées par d'autres modules

⁹ Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...]) etc.).

¹⁰ Valeur par défaut

$\theta_{amb}(h)$	Température ambiante (de l'endroit où est la cuve, déterminée au niveau de la génération ERS)	°C		
R_{dim}	Ratio de dimensionnement du générateur			
$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge de la PAC au pas de temps h.			
P_{MaxPAC}	Puissance maximale de la PAC	W		
T_{hor}^{EG}	Température des eaux grises	°C		
V_{hor}^{EG}	Volume horaire des eaux grises à la température T_{hor}^{EG}	L		

Paramètres du module ¹¹				
Nom	Description	Unité	Intervalle ¹²	Def
θ_{EGmin}	Température minimum de sortie des eaux grises	°C		6
$\theta_{amontMin}$	Température minimum du circuit de captage	°C		1
$V_{Ballon\ Amont}$	Volume du ballon tampon de captage ERS	L		
$UA_{Surface}$	Coefficient d'échange de la cuve ERS par unité de surface d'échange	W/K.m ²		
$S_{éch}$	Surface d'échange de la cuve	m ²		
$V_{éch}$	Volume de la zone échangeur	L		
V_{dec}	Volume de la zone décanteur	L		

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def

¹¹ Rentrés par l'utilisateur

¹² Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...], [...] etc.).

$\theta_{\text{retour amont}}(h)$	Température amont du générateur gnr, dans le cas des générateurs thermodynamiques	°C		
$P_{\text{maxSourceAmont}}$	Puissance maximale disponible	W		

Variables internes¹³				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$UA_{\text{échangeur}}$	Coefficient d'échange total de la cuve ERS	W/K		
θ_e	Température de l'entrée du bac récupérateur du système ERS	°C		
$V_{\text{ERS}}(h)$	Volume d'eau horaire à θ_{uw} pour le système de préparation ERS	L		
$U_{\text{éch}}$	Coefficient de perte de la zone échangeur de la cuve	W/K		
$R(h)$	Ratio du volume d'eau grise arrivant sur le volume de cuve	-		
$V_{\text{PR}}(h)$	Volume d'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps	L		
$V_{\text{PS}}(h)$	Volume d'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps (dû à l'arrivée d'eau grise nouvelle)	L		
$V_{\text{NR}}(h)$	Volume d'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps	L		
$V_{\text{NS}}(h)$	Volume d'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps	L		
$C_{\text{thermPR}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume PR	-		
$C_{\text{thermPS}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume PS	-		
$C_{\text{thermNR}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume NR	-		
$C_{\text{thermNS}}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume NS	-		
$\theta_{\text{EGéchMoy}}(h)$	Température moyenne des eaux grises vue par les échangeurs	°C		

¹³ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$\theta_{\text{amontPAC-Cuve}}(h)$	Température départ amont de la PAC et entrant dans la cuve	°C		
$\theta_{\text{amontBallon-PAC}}(h)$	Température du ballon de captage de PAC	°C		
$\theta_{PR}(h)$	Température moyenne du volume PR au début du pas de temps	°C		
$\theta_{PS}(h)$	Température moyenne du volume PS au début du pas de temps	°C		
$\theta_{NR}(h)$	Température moyenne du volume NR au début du pas de temps	°C		
$\theta_{NS}(h)$	Température moyenne du volume NS au début du pas de temps	°C		
$\theta_{PR \text{ finale}}(h)$	Température moyenne du volume PR après captage	°C		
$\theta_{PS \text{ finale}}(h)$	Température moyenne du volume PS après captage	°C		
$\theta_{NR \text{ finale}}(h)$	Température moyenne du volume NR après captage	°C		
$\theta_{NS \text{ finale}}(h)$	Température moyenne du volume NS après captage	°C		
$\theta_{EGéchRestantMitigé}$	Température moyenne de l'eau grise restant dans la zone échangeur	°C		
$\theta_{EGéchRestantFinale}$	Température moyenne de l'eau grise restant dans la zone échangeur après l'application des pertes thermiques	°C		
$P_{\text{Cuve}}(h)$	Puissance thermique prélevée dans la cuve	W		
$P_{\text{CuveMaxEchange}}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve selon la température minimum amont et le coefficient d'échange	W		
$P_{\text{CuveMaxPotentielle}}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve selon la température minimum eaux grises	W		
$P_{\text{CuveMax}}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve	W		
$P_{\text{CuveBrute}}(h)$	Puissance thermique non saturée prélevée dans la cuve	W		
$Q_{\text{CuvePrélèvPR}}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume PR	J		
$Q_{\text{CuvePrélèvNR}}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume NR	J		
$Q_{\text{CuvePrélèvNS}}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume NS	J		

Constantes ¹⁴				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$U_{\text{déc}}$	Coefficient de pertes de la zone décanteur	W/K		8,5
ρ_w	Masse volumique de l'eau	Kg/L		1
$UA_{\text{pertes_surface_ech}}$	Coefficient de pertes dans la zone échangeur par unité de surface	W/K.m ²		1.6
UA_{surface}	Coefficient d'échange par unité de surface	W/K.m ²		170
c_w	Capacité calorifique de l'eau	W/kg.K		1,163
Δ_{amontPAC}	Différence de température moyenne entre l'entrée et la sortie amont de la PAC en fonctionnement	°C		5

16.13.5.3.2. Description de la cuve ers

La cuve ERS récupère les calories des eaux grises et les transfère au circuit évaporateur de la PAC. Il s'agit donc d'un élément central de l'ERS. La cuve est décomposée en deux zones : une zone décanteur et une zone échangeur.

16.13.5.3.3. *Description mathématique*

Au début de chaque heure, on initialise la température et le débit des eaux grises :

$$\theta_e(h) = T_{\text{hor}}^{\text{EG}}(h) \quad (118)$$

$$V_{\text{ERS}}(h) = V_{\text{hor}}^{\text{EG}}(h) \quad (119)$$

16.13.5.3.3.1. Détermination de la température moyenne des eaux grises dans la cuve intégrée sur le pas de temps

¹⁴ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

Considérons que l'eau grise sortant du bâtiment n'arrive pas instantanément au début du pas de temps d'une heure, mais pendant la durée de ce pas de temps d'une heure.

16.13.5.3.3.1.1. Volumes d'eau grise

L'eau grise sera considérée en quatre volumes, fonction du volume horaire et du volume de cuve.

1. *L'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps :*

$$V_{PR}(h) = \max(0; V_{éch} - V_{ERS}(h)) \quad (120)$$

2. *L'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps (dû à l'arrivée d'eau grise nouvelle) :*

$$V_{PS}(h) = \min(V_{éch}; V_{ERS}(h)) \quad (121)$$

3. *L'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps :*

$$V_{NR}(h) = V_{PS}(h) \quad (122)$$

4. *L'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps :*

$$V_{NS}(h) = \max(0; V_{ERS}(h) - V_{éch}) \quad (123)$$

Notons également que si le volume d'eau grise nouvelle et sortante est non nul, le volume d'eau grise présente et restante est nul, et inversement. Pour un pas de temps donné, il n'y a donc que 3 volumes actifs.

16.13.5.3.3.1.2. Coefficients de puissance thermique

La somme des puissances d'échange thermique de chacun des 4 volumes d'eaux grises peut être défini comme suit pour chaque pas de temps :

$$P_{CuveBrute} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \left((\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) h_{XX} \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} S_{XX\text{ éch}}(t) dt \right) \quad (124)$$

En introduisant la surface d'échangeur totale $S_{éch}$:

$$P_{CuveBrute} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \left((\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) h_{XX} S_{éch} \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX\text{ éch}}(t)}{S_{éch}} dt \right) \quad (125)$$

En considérant le coefficient de convection h_{XX} invariable sur les quatre volumes eaux grises, nous posons :

$$h_{XX} \cdot S_{éch} = UA_{échangeur} \quad (126)$$

La participation potentielle de chacun de ces volumes à l'échange thermique est donc pondérée par un coefficient. Ce coefficient d'échange thermique potentiel est défini comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange totale de la cuve E.R.S. Nommons ces quatre coefficients $C_{therm_{XX}}$.

$$C_{therm_{XX}} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX\text{ éch}}(t)}{S_{éch}} dt \quad (127)$$

L'équation devient :

$$P_{CuveBrute} = UA_{échangeur} \times \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} (\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) C_{therm_{XX}} \quad (128)$$

$$P_{CuveBrute} = UA_{échangeur} \times \left(\sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \theta_{XX} C_{therm_{XX}} - \theta_{amontPAC-Cuve} \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} C_{therm_{XX}} \right) \quad (129)$$

La somme des surfaces d'échange sur un pas de temps étant égale à la surface des échangeurs :

$$\sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \int_t^{\text{pas de temps}} S_{XX\text{ éch}}(t) dt = S_{éch} \quad (130)$$

Donc :

$$\sum_{XX=PR;PS;NR;NS} Ctherm_{XX} = 1 \quad (131)$$

Et en définissant $\theta_{EGéchMoy}$ comme la somme suivante :

$$\theta_{EGéchMoy(h)} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \theta_{XX(h)} Ctherm_{XX(h)} \quad (132)$$

Nous retrouvons l'équation utilisable :

$$P_{CuveBrute(h)} = UA_{échangeur} \times (\theta_{EGéchMoy(h)} - \theta_{amontPAC-Cuve(h)}) \quad (133)$$

Il faut maintenant exprimer ces coefficients $Ctherm_{XX}$.

$$Ctherm_{XX} = \int_{t=début\ du\ pas\ de\ temps}^{fin\ du\ pas\ de\ temps} \frac{S_{XX\ éch}(t)}{S_{éch}} \quad (134)$$

$$Ctherm_{XX} = \int_{t=début\ du\ pas\ de\ temps}^{fin\ du\ pas\ de\ temps} \frac{S_{XX\ éch}(t)}{S_{XX\ éch\ max}} \times \frac{S_{XX\ éch\ max}}{S_{éch}} \quad (135)$$

16.13.5.3.3.1.3. Taux de présence

Nous allons tout d'abord définir le taux de présence comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange maximale de cette eau grise.

$$TauxPrésence_{XX} = \int_{t=début\ du\ pas\ de\ temps}^{fin\ du\ pas\ de\ temps} \frac{S_{XX\ éch}(t)}{S_{XX\ éch\ max}} \quad (136)$$

Les échangeurs de la cuve (ou éléments) verticaux étant uniformément répartis dans la zone échangeur, la surface d'échange est considérée proportionnelle au volume présent dans la cuve.

$$\frac{S_{XX\ éch}(t)}{S_{XX\ éch\ max}} \cong \frac{V_{XX\ éch}(t)}{V_{XX\ éch\ max}} \quad (137)$$

Les résultats de cette intégration sont :

$$TauxPrésence_{PR} = 1$$

Si $V_{ERS} = 0 \rightarrow TauxPrésence_{PS} = TauxPrésence_{NR} = 0$; sinon :

$$TauxPrésence_{PS} = 1/2 \times \min\left(1; \frac{V_{éch}}{V_{ERS}}\right) \quad (138)$$

$$TauxPrésence_{NR} = TauxPrésence_{PS} \quad (139)$$

Si $V_{NS} = 0 \rightarrow TauxPrésence_{NS} = 0$, sinon :

$$TauxPrésence_{NS} = 1/2 + \left| 1/2 - \frac{1}{1 + \frac{V_{éch}}{V_{NS}}} \right| \quad (140)$$

16.13.5.3.3.1.4. Coefficients de surface maximum d'échange thermique

Ce taux de présence, pour aboutir au coefficient d'échange thermique potentiel, doit être pondéré par la part maximale de la surface d'échange de chacun des 4 volumes d'eau grise sur la surface d'échange maximale de la cuve ERS :

$$CsurfMax_{XX} = \frac{S_{XX éch max}}{S_{éch}} \quad (141)$$

$$CsurfMax_{PR} = \frac{V_{PR}}{V_{éch}} \quad (142)$$

$$CsurfMax_{PS} = \frac{V_{PS}}{V_{éch}} \quad (143)$$

$$CsurfMax_{NR} = CsurfMax_{PS} \quad (144)$$

$$CsurfMax_{NR} = CsurfMax_{PS} \quad (145)$$

$$CsurfMax_{NS} = \min\left(\frac{V_{NS}}{V_{éch}}; 1\right) \quad (146)$$

16.13.5.3.3.1.5. Coefficients d'échange thermique potentiel

Le coefficient d'échange thermique potentiel est défini comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange maximale de la cuve E.R.S.

En reprenant l'expression de $Ctherm$,

$$Ctherm_{XX} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX\text{ éch}}(t)}{S_{XX\text{ éch max}}} \times \frac{S_{XX\text{ éch max}}}{S_{éch}} \quad (147)$$

Nous aboutissons à l'expression suivante :

$$Ctherm_{XX} = TauxPrésence_{XX} \times CsurfMax_{XX} \quad (148)$$

En posant le rapport R :

$$R_{(h)} = \frac{V_{ERS(h)}}{V_{éch}} \quad (149)$$

Nous aboutissons aux équations suivantes :

$$Ctherm_{PR(h)} = \max(1 - R_{(h)}; 0) \quad (150)$$

Si $R_{(h)} = 0 \rightarrow Ctherm_{PS(h)} = 0$; sinon :

$$Ctherm_{PS(h)} = 1/2 \times \frac{\min(R_{(h)}; 1)}{\max(R_{(h)}; 1)} \quad (151)$$

$$Ctherm_{NR(h)} = Ctherm_{PS(h)} \quad (152)$$

Si $R_{(h)} \leq 1 \rightarrow Ctherm_{NS(h)} = 0$, sinon :

$$Ctherm_{NS(h)} = \min(R_{(h)} - 1; 1) \times \left(1/2 + \left|1/2 - \frac{1}{1 + \frac{1}{R_{(h)} - 1}}\right|\right) \quad (153)$$

Remarque : Pour confirmation, quel que soit $V_{éch}$ et V_{ERS} , il a été vérifié que la somme de ces 4 coefficients thermiques est toujours égale à 1.

$$\forall R, \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} C_{therm_{XX}} = 1 \quad (154)$$

16.13.5.3.3.2. Températures au début du pas de temps

En utilisant le retour d'information sur la quantité de chaleur prélevée dans la source amont au pas de temps précédent, la température du ballon tampon est réduite :

$$Q_{amontPAC(h)} = P_{amontPAC(h)} \times 1 \text{ heure} \quad (155)$$

$$\theta_{amontBallonPAC_{prélèv}(h)} = \theta_{amontBallonPAC(h-1)} - \frac{Q_{amontPAC(h-1)} \times R_{dim}}{\rho_w c_w V_{BallonAmont}} \quad (156)$$

Température moyenne des eaux grises dans le décanteur :

$$\theta_{EGdéc(h)} = \frac{\theta_{EGdécFinale(h-1)} \times V_{déc} + \theta_e \times V_{ERS(h)}}{V_{déc} + V_{ERS(h)}} \quad (157)$$

Température moyenne des eaux grises arrivant dans la zone échangeur :

$$\theta_{NR(h)} = \theta_{NS(h)} = \theta_{EGdéc(h)} \quad (158)$$

La température initiale de l'eau grise **présente** (indices PR et PS) est définie comme la température mitigée de l'eau grise **restante** du pas de temps précédent (indices PR et NR) à laquelle ont été appliquées les pertes thermiques.

Pour déterminer les températures des deux couches d'eau grises présente, nous appliquons à cette température moyenne une stratification linéaire située entre la température à laquelle est sortie l'eau grise au pas de temps précédent et la température d'arrivée des eaux grises, en veillant à conserver la température moyenne et donc la quantité de chaleur disponible dans la cuve à cet instant.

L'équation suivante de la température moyenne des eaux grises restantes doit être respectée :

$$\theta_{NR(h)} = \theta_{NS(h)} = \theta_{EGdéc(h)} \quad (159)$$

$$\theta_{PS(h)} \frac{V_{PS(h)}}{V_{éch}} + \theta_{PR(h)} \frac{V_{PR(h)}}{V_{éch}} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)}$$

Pour respecter cette équation en gardant une représentation linéaire de la stratification comme approximation, une seule des deux conditions peut être satisfaite : soit l'extrémité basse du volume d'eau grise présente est à la température de l'eau grise sortante du pas de temps précédent, soit l'extrémité haute du volume d'eau grise présente est à la température de l'eau grise arrivant du décanteur. Ainsi :

Si $V_{NS(h-1)} = 0$:

$$\theta_{S(h-1)} = \theta_{PSfinale(h-1)} \quad (160)$$

Sinon,

$$\theta_{S(h-1)} = \theta_{NSfinale(h-1)} \quad (161)$$

Si $V_{PR(h)} > 0$ et $V_{PS(h)} > 0$:

$$\Delta_{strat(h)} = \min \left(\theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} - \theta_{S(h-1)}; \theta_{EGdéc(h)} - \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} \right) \quad (162)$$

Sinon,

$$\Delta_{strat(h)} = 0 \quad (163)$$

$$\theta_{PR(h)} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} + \Delta_{strat(h)} \left(1 - \frac{V_{PR(h)}}{V_{éch}} \right) \quad (164)$$

$$\theta_{PS(h)} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} - \Delta_{strat(h)} \left(1 - \frac{V_{PS(h)}}{V_{éch}} \right) \quad (165)$$

Pour le premier pas de temps,

$$\theta_{PR(h)} = \theta_{PS(h)} = \theta_{amb(h)} \quad (166)$$

16.13.5.3.4. Puissance thermique de cuve

16.13.5.3.4.1. Puissance thermique maximum de cuve

La puissance frigorifique maximum permet de poser des bornes pour chaque pas de temps.

Cette puissance maximum est limitée par la température amont minimum et la puissance des échangeurs :

$$P_{CuveMaxEchange(h)} = UA_{échangeur} \times (\theta_{EGéchMoy(h)} - \theta_{amontMin}) \quad (167)$$

où $\theta_{EGéchMoy(h)}$ est défini dans l'équation (24).

Avec le coefficient d'échange de cuve :

$$UA_{\text{échangeur}} = UA_{\text{surface}} \times S_{\text{éch}} \quad (168)$$

La puissance frigorifique maximum est également limitée par l'inertie de la cuve :

$$P_{\text{CuveMaxPotentielle}(h)} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} P_{XX\text{max}(h)} \quad (169)$$

Avec, pour $XX = PR; PS; NR; NS$:

$$P_{XX\text{max}(h)} = \rho_w c_w V_{XX(h)} (\theta_{XX(h)} - \theta_{EG\text{min}}) \quad (170)$$

La puissance frigorifique maximum est également limitée par le stockage de cette chaleur ou l'utilisation de cette chaleur pendant le pas de temps par la PAC pendant le pas de temps en cours :

$$\begin{aligned} P_{\text{CuveMaxStockable}(h)} &= \rho_w c_w V_{\text{BallonAmont}} \\ &\times \max \left(0; \theta_{EG\text{échMoy}(h)} - \theta_{\text{amontBallonPAC}_{\text{prélèv}(h)}} \right) + P_{\text{MaxPAC}(h)} \end{aligned} \quad (171)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{CuveMax}(h)} &= \min(P_{\text{CuveMaxPotentielle}(h)}; P_{\text{CuveMaxEchange}(h)}; P_{\text{CuveMaxStockable}(h)}) \end{aligned} \quad (172)$$

16.13.5.3.4.2. Puissance thermique de cuve pour le pas de temps

Même quand les compresseurs de la PAC ERS ne fonctionnent pas, la régulation du système ERS continue à transférer de la chaleur de la cuve eau grise vers le ballon si les températures sont favorables à cet échange.

La température amont sortant de la PAC correspond à la température sortant du ballon auquel est appliqué le refroidissement subit sur l'échangeur évaporateur selon le taux de charge de la PAC.

$$\theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)} = \theta_{\text{amontBallonPAC}_{\text{prélèv}(h)}} - \Delta_{\text{amontPAC}} \times T_{\text{charge}(h-1)}^{\text{gnr}} \quad (173)$$

$$P_{\text{CuveBrute}(h)} = UA_{\text{échangeur}} \times (\theta_{EG\text{échMoy}(h)} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)}) \quad (174)$$

$$P_{Cuve(h)} = \max\left(0 ; \min\left(P_{CuveMax(h)} ; P_{CuveBrute(h)}\right)\right) \quad (175)$$

16.13.5.3.4.3. Expression de la température de source amont

Le ballon tampon de captage est considéré comme un volume unique dont la température varie en fonction de la puissance apportée par la cuve et la puissance puisée par la PAC.

Considérons :

$$Q_{Cuve(h)} = P_{Cuve(h)} \times 1 \text{ heure} \quad (176)$$

$$\theta_{amontBallonPAC(h)} = \theta_{amontBallonPAC_prélèv(h)} + \frac{Q_{Cuve(h)}}{\rho_w c_w V_{BallonAmont}} \quad (177)$$

$$\begin{aligned} P_{maxSourceAmont(h)} &= \rho_w c_w V_{BallonAmont} \\ &\times \max\left(0 ; \theta_{amontBallonPAC(h)} - \theta_{AmontMin(h)}\right) \end{aligned} \quad (178)$$

Remarque : $P_{CuveMax}$ n'est aucunement limité à 2kW par élément. Cette limitation invariable du précédent Titre V Système, issue d'une mauvaise interprétation de la puissance moyenne nominale, était infondée. Elle est plus réalistement représentée par $P_{CuveMax}(h)$, qui prend en compte le nombre d'échangeurs dans la cuve à travers le coefficient UA_{Cuve} .

Pour le premier pas de temps,

$$\theta_{amontBallonPAC(h)} = \theta_{amb(h)} \quad (179)$$

La sortie de ce ballon allant vers la PAC, cette température est la température de source amont entrant dans la PAC.

$$\theta_{retour_amont(h)} = \theta_{amontBallonPAC(h)} \quad (180)$$

16.13.5.3.4.4. Application du prélèvement de chaleur dans les eaux grises

Au début du pas de temps, la chaleur est d'abord prise dans les eaux grises déjà présentes.

$$\theta_{PSfinale(h)} = \max\left(\theta_{PS(h)} - \frac{Q_{Cuve(h)}}{\rho_w c_w V_{PS(h)}} ; \theta_{EGmin}\right) \quad (181)$$

$$Q_{\text{CuvePrélèvPR}(h)} = \max\left(Q_{\text{Cuve}(h)} - \rho_w c_w V_{\text{PS}(h)} (\theta_{\text{PS}(h)} - \theta_{\text{PSfinale}(h)}); 0\right) \quad (182)$$

$$\theta_{\text{PRfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{PR}(h)} - \frac{Q_{\text{CuvePrélèvPR}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{PR}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (183)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CuvePrélèvNS}(h)} &= \max\left(Q_{\text{CuvePrélèvPR}(h)} \right. \\ &\quad \left. - \rho_w c_w V_{\text{PR}(h)} (\theta_{\text{PR}(h)} - \theta_{\text{PRfinale}(h)}); 0\right) \end{aligned} \quad (184)$$

$$\theta_{\text{NSfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{NS}(h)} - \frac{Q_{\text{CuvePrélèvNS}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{NS}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (185)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CuvePrélèvNR}(h)} &= \max\left(Q_{\text{CuvePrélèvNS}(h)} \right. \\ &\quad \left. - \rho_w c_w V_{\text{NS}(h)} (\theta_{\text{NS}(h)} - \theta_{\text{NSfinale}(h)}); 0\right) \end{aligned} \quad (186)$$

$$\theta_{\text{NRfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{NR}(h)} - \frac{Q_{\text{CuvePrélèvNR}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{NR}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (187)$$

16.13.5.3.4.5. Pertes thermiques des eaux grises en cours de refroidissement

Le principe est inchangé par rapport au Titre V précédent, les pertes sont ensuite calculées à chaque pas de temps.

16.13.5.3.4.5.1. Pertes thermiques du décanteur

Si $V_{\text{dec}} \neq 0$:

$$\theta_{\text{EGdécFinale}(h)} = \theta_{\text{EGdéc}(h)} - \frac{P_{\text{edéc}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{dec}}} \quad (188)$$

Avec:

$$P_{\text{edéc}(h)} = U_{\text{dec}} \times (\theta_{\text{EGdéc}(h)} - \theta_{\text{amb}(h)}) \quad (189)$$

16.13.5.3.4.5.2. Pertes thermiques de la zone échangeurs

La zone échangeur en fin de pas de temps est composée des eaux grises restantes :

$$\theta_{EGéchRestantMitigé(h)} = \frac{V_{NR(h)} \theta_{NRfinale(h)} + V_{PR(h)} \theta_{PRfinale(h)}}{V_{éch}} \quad (190)$$

Les pertes s'appliquent à la température des eaux grises de la zone échangeur :

$$\theta_{EGéchRestantFinale(h)} = \theta_{EGéchRestantMitigé(h)} - \frac{Pe_{éch(h)}}{\rho_w c_w V_{éch}} \quad (191)$$

Avec:

$$Pe_{éch(h)} = U_{éch} \times (\theta_{EGéchRestantMitigé(h)} - \theta_{amb(h)}) \quad (192)$$

$$U_{éch} = U_{pertes_surface_éch} \times S_{éch} \quad (193)$$

16.13.6 FICHE ALGORITHME : PAC SUR EAUX GRISES TYPE ERS ET FACTEUR 7

16.13.6.1. Introduction

Cette fiche permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques ayant pour source amont les eaux grises. Ces systèmes peuvent être soit à compression électrique soit à moteur gaz (compresseur mécanique entraîné par un moteur thermique) en fonctionnement ECS.

Elle permet de représenter plusieurs machines identiques fonctionnant dans le même mode. En fonction de la puissance requise, les valeurs calculées sont :

- Puissance absorbée
- COP
- Puissance des auxiliaires
- Pertes thermiques récupérables

Le calcul pour une machine est mené en 3 étapes

1. calcul de la température de l'eau arrivant de la source amont

2. calcul en fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales des températures de source
3. prise en compte de la charge partielle

16.13.6.2. *Nomenclature du modèle PAC Electrique*

16.13.6.2.1. Nomenclature du modèle

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervall e	Def.
Q_{req} (h)	Energie requise par le réseau	W	$[0, +\infty[$	-
θ_{amont} (h)	Température de la source amont	°C	$[0, 100]$	
θ_{aval} (h)	Température de la source aval (vers les ballons)	°C	$[0, 100]$	
$P_{fou_{source_amont_maxi}}$	Puissance maximale disponible	W		
$Id_{fonction}$	Mode de fonctionnement : 1 : chauffage 2 : refroidissement 3 : ECS	-	{1 , 3}	3

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervall e	Def.
Rdim	Nombre de machines identiques	-	$[1, +\infty[$	
IdFluide_aval	Type de fluide caloporteur 1 : eau, 2 : air ambiant.	-	{1 , 2}	1
Idfougen	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3	-	{1 , 3}	3

Theta_max_av	température maximale aval en mode chaud au-delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	[0, 100]	-
Theta_min_am	température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	[0, 100]	-
{ValECS(Icol,Ili gn)}	Matrice des performances en mode ECS selon les températures amont et aval	-	-	-
{ValPabs(icol,Ili gn)}	matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	-	-	-
{ValCOR(Icol,Ili gn)}	matrice de correction des performances justifiées entrées sous forme de matrice	-	-	-
Lim_Theta	0 = pas de limite 1= limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	-	-	-
Statut_val_pivot	Statut de la valeur pivot : 1 : valeur déclarée, 2 : valeur par défaut		{1 , 2}	
ValECS_pivot	Valeur pivot déclarée de la performance (COP ou EER) des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	-	[0, +∞[	
ValPabs_pivot	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	W	[0, +∞[	-
Statut_donnees	Statut des données concernant l'existence des valeurs de performance certifiées ou mesurées ; 1 : valeur de performance certifiée ou mesurée, 2 : aucune valeur de performance certifiée ou mesurée			
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}			
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (=1 si machine tout ou rien)			

Deq	Durée équivalente liée aux irréversibilités	minutes	$[0, +\infty[$	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale		$[0,1]$	
P_{pompe}	Puissance des pompes d'amenée d'eaux grises à la PAC	W	$[0, +\infty[$	

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$P_{abs_pc}(h)$	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W	$[0, +\infty[$	-
$P_{fou_PAC}(h)$	Puissance fournie par la PAC à chaque pas de temps	W	$[0, +\infty[$	-
$Q_{rest}(h)$	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		
$W_{aux,pro}(h)$	Consommation des auxiliaires au pas h	W		
$\eta_{eff}(h)$	COP du générateur	Réel		
T_{charge}	Taux de charge du générateur	Réel		
Φ_{rejet}	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h	Wh		
$C_{pompe}(h)$	Consommation de la pompe eaux grises	W	$0, +\infty[$	
$P_{fou_pc_brut}(h)$	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.			
$Q_{cef_ECS}[électricité]$	Consommation ECS de la PAC	Wh	$[0, +\infty[$	

Variables internes

Nom	Description	Unité	Intervall e	Def.
LR	Taux de charge	-	[0 ; 1]	-
Cnnav_COP(t1,t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température aval en mode chaud	-	-	-
Cnnam_COP(t1,t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température amont en mode chaud	-	-	-
Val _{θamont} (i.amont)	Température amont	°C	[0, +∞[	-
Val _{θaval} (i.aval)	Température aval	°C	[0, +∞[	-
i _{θam} 1 i _{θam} 2	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
θ _{am} 1	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
θ _{am} 2	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
N _{θamont}	Nombre de températures amont	-	-	-
i _{θav} 1 i _{θav} 2	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
θ _{av} 1	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
θ _{av} 2	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
N _{θaval}	Nombre de températures aval	-	-	-
C _{θam} (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
C _{θav} (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-

COP_pc(h)	COP à pleine charge aux conditions non nominales	-	-	-
Cnnav_Pabs(t1,t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température aval	-	-	-
Cnnam_Pabs(t1,t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température amont	-	-	-
Val_util_max	valeur maximale de la performance pour la valeur pivot d'une machine lorsqu'il n'y a pas de valeurs certifiées ou justifiées. si Ldfonction = 1 (chauffage) Syst_Thermo_CH = 1 : Val_util_max = 3,5 2 : Val_util_max = 3,5 3 : Val_util_max = 2,5 4 : Val_util_max = 4,7 5 : Val_util_max = 3,7 6 : Val_util_max = 3,5 7 : Val_util_max = 4 si Ldfonction = 2 (refroidissement) Syst_Thermo_FR 1 : Val_util_max = 2,5 2 : Val_util_max = 2,7 3 : Val_util_max = 2,7 4 : Val_util_max = 3,7 5 : Val_util_max = 2,7 6 : Val_util_max = 3,7 si Ldfonction = 3 (ECS)	-	{1 , 7}	-

	Syst_Thermo_ECS = 1 : Val_util_max = 2,7 2 : Val_util_max = 3,2 3 : Val_util_max = 3,1 4 : Val_util_max = 3,7			
Q_{rest_act}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh	$[0, +\infty[$	-
Q_{req_act}	Energie requise pour une machine	W	$[0, +\infty[$	-
$\theta_{amont} (h)$	Température de la source amont	°C	$[0, 100]$	-
$\theta_{aval} (h)$	Température de la source aval vers les ballons d'eau chaude.	°C	$[0, 100]$	-

16.13.6.3. **La pompe à chaleur - Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode ECS ($Id_{fonction} = 3$)**

La consommation électrique globale du système est constituée de la consommation électrique du compresseur de la pompe à chaleur et celle de la pompe d'amenée d'eaux grises à la PAC.

16.13.6.3.1. Détermination des COP

La matrice de performances des machines eaux grises / eau de ville est décrite Tableau 12.

Tableau 12 – Matrice de performance des machines eaux grises /eau de ville

		T _{amont} (eaux grises)		
T _{retour}		25	30	35
T _{départ}		7	8	9
T _{am} >		16	19	22
T _{aval}	Priorité	2	1	3
35	4			
45	1			
55	2			

65	3			
----	---	--	--	--

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $T_{am} = 19\text{ C}$; $T_{av} = 45\text{ C}$.

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 défini Tableau 13.

Tableau 13 – Températures aux sources

Température aval	Température amont
45°C	19°C
45°C, 55°C	19°C, 16°C
45°C, 55°C, 65°C	19°C, 16°C, 22°C
45°C, 55°C, 65°C, 35°C	

Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut (une fois en début de simulation)

Si statut_données = 1 (il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées)

▼ icol,ilign → si ValCOR(icol,ilign)=1, ValECS(icol,ilign)=ValECS(icol,ilign)

▼ icol,ilign → si ValCOR(icol,ilign)=2, ValECS(icol,ilign)=ValECS(icol,ilign)*0,9

Si statut_données = 2 (il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée)

ValECS(2,2)=ValECS_pivot_inter

La valeur utile max a été fixée à 3,7 conformément à la méthode Th-BCE dans le paragraphe 8.23 dans la nomenclature du générateur thermodynamique électrique.

16.13.6.3.2. Calcul des valeurs par défaut (une fois en début de simulation)

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios indiqués Tableau 14.

Tableau 14 – Coefficients de correction en fonction des températures aux sources

Température aval	Température amont
Cnnav_COP (55, 45) = 0,8	Cnnam_COP (16, 19) = 0,9
Cnnav_COP (65, 45) = 0,6	Cnnam_COP (22, 19) = 1,1
Cnnav_COP (35, 45) = 1,2	

> La colonne contenant la valeur pivot est complétée

Si {ValECS(2,1)}=0 {ValECS(2,1)}={ValECS(2,2)}*Cnnav_COP(35,45)

Si {ValECS(2,3)}=0 {ValECS(2,3)}={ValECS(2,2)}*Cnnav_COP(55,45)

Si {ValECS(2,4)}=0 {ValECS(2,4)}={ValECS(2,2)}*Cnnav_COP(65,45)

> Les lignes sont complétées

Pour ilign allant de 1 à $N_{\theta_{\text{aval}}}$

Si {ValECS(1,ilign)}=0 {ValECS(1,ilign)}={ValECS(2, ilign)}*Cnnam_COP(16,19)

Si {ValECS(3,ilign)}=0 {ValECS(3,ilign)}={ValECS(2, ilign)}*Cnnam_COP(22,19)

Les calculs suivants sont réalisés si la PAC est en fonctionnement. C'est à dire si $V_c \neq 0$

Calcul du COP pour le couple Tamont / Taval au pas de temps

16.13.6.3.3. Algorithme pour $\theta_{\text{amont}}(h)$:

Si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(1)$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses). **Envoyer un message d'alerte dans un fichier.**

$i_{\theta_{\text{am}}1} = 1$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = 1$

$$\theta_{am1} = \theta_{amont}(h)$$

$$\theta_{am2} = Val_{\theta_{amont}}(1)$$

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.**

$$i_{\theta_{am}1} = N_{\theta_{amont}}$$

$$i_{\theta_{am}2} = N_{\theta_{amont}}$$

$$\theta_{am1} = Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$$

$$\theta_{am2} = \theta_{amont}(h)$$

Sinon,

Pour $i_{\theta_{amont}}$ allant de 2 à $N_{\theta_{amont}}$,

Si $\theta_{amont}(h) \leq Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{amont}})$, alors,

$$i_{\theta_{am}1} = i_{\theta_{amont}} - 1$$

$$i_{\theta_{am}2} = i_{\theta_{amont}}$$

$$\theta_{am1} = Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}1})$$

$$\theta_{am2} = Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}2})$$

Coupure de la boucle 'pour'

16.13.6.3.4. Algorithme pour $\theta_{aval}(h)$:

Si $\theta_{aval}(h) < Val_{\theta_{aval}}(1)$ (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses).

$$i_{\theta_{av}1} = 1$$

$$i_{\theta_{av}2} = 1$$

$$\theta_{av1} = \theta_{aval}(h)$$

$$\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(1)$$

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).

$$i_{\theta_{av}1} = N_{\theta_{aval}}$$

$$i_{\theta_{av}2} = N_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av1} = Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$$

$$\theta_{av2} = \theta_{aval}(h)$$

Sinon,

Pour $i_{\theta_{aval}}$ allant de 2 à $N_{\theta_{aval}}$,

Si $\theta_{aval}(h) \leq Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{aval}})$, alors,

$$i_{\theta_{av}1} = i_{\theta_{aval}} - 1$$

$$i_{\theta_{av}2} = i_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av1} = Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}1})$$

$$\theta_{av2} = Val_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}2})$$

Coupure de la boucle 'pour'

16.13.6.4. *Calculs des coefficients d'interpolation*

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}} \quad (194)$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}} \quad (195)$$

16.13.6.5. *Calcul de la performance*

$$COP_{pc}(h) = \quad (196)$$

$$(1-C\theta_{am})*(1-C\theta_{av})*\{ValECS(i\theta_{am1}, i\theta_{av1})\} + C\theta_{am}*(1 - C\theta_{av})*\{ValECS(i\theta_{am2}, i\theta_{av1})\}$$

+

$$C\theta_{av}*(1 - C\theta_{am})*\{ValECS(i\theta_{am1}, i\theta_{av2})\} + C\theta_{am}*C\theta_{av}*\{ValECS(i\theta_{am2}, i\theta_{av2})\}$$

16.13.6.5.1. Calcul des puissances absorbées à pleine charge

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour $T_{am} = 19\text{ °C}$; $T_{av} = 45\text{ °C}$

Les valeurs absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP.

16.13.6.5.2. Calcul des valeurs par défaut (une fois au début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios du Tableau 15.

Tableau 15 – Coefficients de correction en fonction des températures aux sources

Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs (55, 45) = 0,9	Cnnam_Pabs (16, 19) = 0,95
Cnnav_Pabs (35, 45) = 1,1	Cnnam_Pabs (22, 19) = 1,05
Cnnav_Pabs (65, 45) = 0,8	

> La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier

$$\text{Si } \{ValPabs(2,1)\}=0 \quad \{ValPabs(2,1)\}=\{ValPabs(2,2)\}*Cnnav_Pabs(35,45)$$

$$\text{Si } \{ValPabs(2,3)\}=0 \quad \{ValPabs(2,3)\}=\{ValPabs(2,2)\}*Cnnav_Pabs(55,45)$$

$$\text{Si } \{ValPabs(2,4)\}=0 \quad \{ValPabs(2,4)\}=\{ValPabs(2,2)\}*Cnnav_Pabs(65,45)$$

> Les lignes sont complétées

Pour ilign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$

$$\text{Si } \{ValPabs(1,ilign)\}=0 \quad \{ValPabs(1,ilign)\}=\{ValPabs(3,ilign)\}*Cnnam_Pabs(16,19) \quad (5,$$

$$\text{Si } \{ValPabs(3,ilign)\}=0 \quad \{ValPabs(3,ilign)\}=\{ValPabs(1,ilign)\}*Cnnav_Pabs(55,45) \quad (5,$$

A pleine charge, on a donc :

$$C_{pompe} = P_{pompe} \quad (197)$$

16.13.6.5.3. Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

Pabs_pc(h) =

$$(1-C\theta_{am})*(1-C\theta_{av})*\{ValPabs(i\theta_{am1}, i\theta_{av1})\} + C\theta_{am}*(1 - C\theta_{av})*\{ValPabs(i\theta_{am2}, i\theta_{av1})\} \quad (198)$$

+

$$C\theta_{av}*(1 - C\theta_{am})*\{ValPabs(i\theta_{am1}, i\theta_{av2})\} + C\theta_{am}*C\theta_{av}*\{ValPabs(i\theta_{am2}, i\theta_{av2})\}$$

16.13.6.5.4. Calcul des puissances fournies à pleine charge

$$Q_{req_act} = Q_{req_act}/R_{dim} \quad (199)$$

$$P_{fou_PAC}(h) = P_{abs_pc} . COP_{pc} \quad (200)$$

Limites de fonctionnement

si Lim_Theta = 0

$$Q_{rest_act} = \max\{0; Q_{req_act} - P_{fou_LR}(h)\} \quad (201)$$

sinon si Lim_Theta = 1 **et** si $\theta_{amont}(h) < \theta_{min_am}$ **ou** si $\theta_{aval}(h) > \theta_{max_av}$

$$Q_{rest_act} = Q_{req_act} \quad (202)$$

et

$$P_{fou_PAC}(h) = 0 \quad (203)$$

sinon si Lim_Theta = 2 **et** si $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Theta_min_am}$ **et** si $\theta_{\text{aval}}(h) > \text{Theta_max_av}$

$$Q_{\text{rest_act}} = Q_{\text{req_act}} \quad (204)$$

et

$$P_{\text{fou_PAC}}(h) = 0 \quad (205)$$

$$Q_{\text{cef_ECS}}[\text{electricité}] = \frac{P_{\text{fou_pac}}}{\text{COP}_{\text{pc}}} \quad (206)$$

Si la PAC n'est pas en fonctionnement

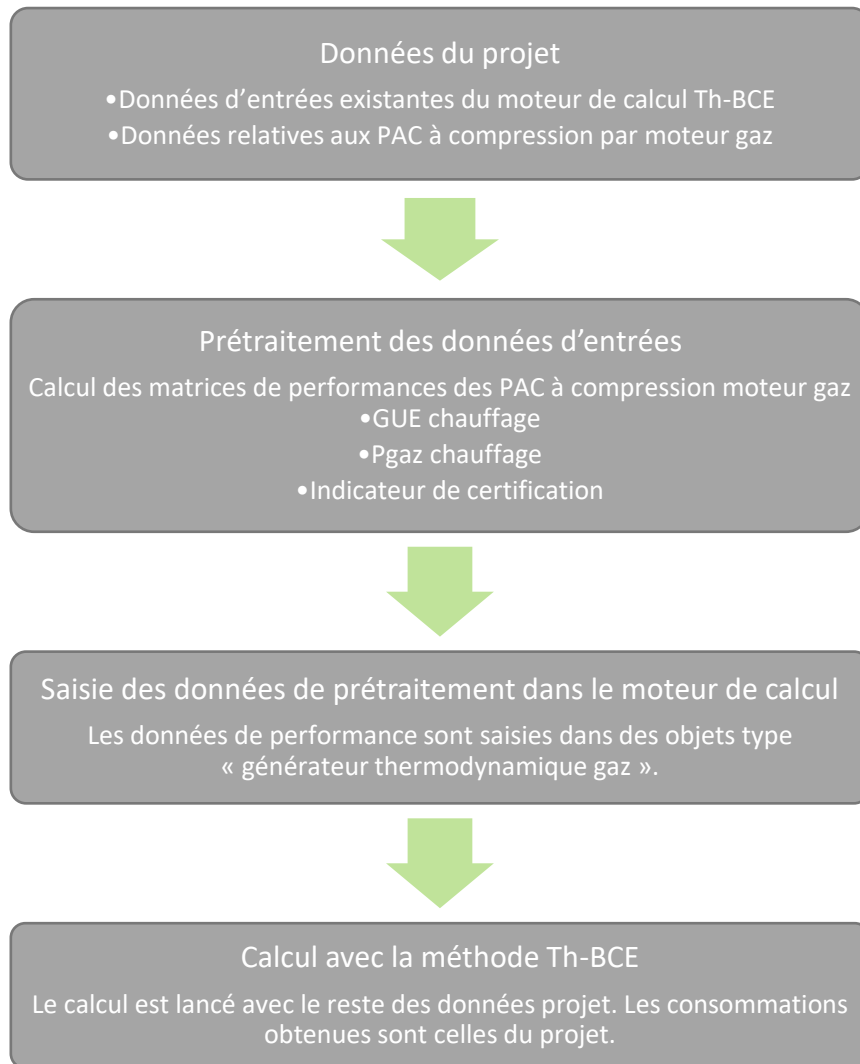
$$\begin{aligned} P_{\text{fou_pac}} &= 0 \\ C_{\text{pompe}} &= 0 \end{aligned} \quad (207)$$

16.13.6.6. *Calcul a charge partielle*

Le calcul est identique à ce qui est fait pour les Systèmes thermodynamiques à compression électrique (cf. §8.23).

16.13.6.6.1. PAC moteur GAZ

Le fonctionnement de la PAC moteur GAZ de Solaronics chauffage qui peut être utilisée dans le montage est décrit dans la fiche *C_Gen_PAC Moteur_Gaz*. La méthode est déclinée dans le logigramme ci-dessous.



Le point pivot à 7/32.5 sans récupération de chaleur sur le moteur gaz pour la production d'ECS est pris en compte. Dans le calcul, la matrice de sortie issue du prétraitement des données d'entrée doit être saisie en entier.

16.13.7 FICHE ALGORITHME : BALLON BASE PAC FACTEUR 7 ECHANGEUR AS INSTANTANE POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7

16.13.7.1. Introduction

Un modèle de générateur thermodynamique, de ballon de stockage et de gestion régulation ont été décrits dans les autres fiches algorithmes. On définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir le modèle correspondant à une configuration du système PAC FACTEUR 7 d'un chauffe-eau avec base et à appoint séparé instantané.

La production stockage du système PAC FACTEUR 7 est de type Bballon base avec appoint séparé instantané.

Le ballon de stockage d'eau chaude sanitaire du système PAC FACTEUR 7® ne comporte aucun échangeur de chaleur.

Le stockage est à niveau variable, sans avoir de mélange eau froide / eau chaude. L'eau chaude produite par le générateur PAC FACTEUR 7® est introduite dans la zone basse du ballon. L'eau chaude est tirée de la zone basse du ballon. La partie non remplie d'eau chaude est constituée d'air comprimé afin d'assurer la distribution dans le bâtiment.

16.13.7.2. Nomenclature du modèle

Pour la production stockage :

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{req_ecs}(h)$	Demande en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh		
$\theta_{ecs_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération gen.	°C		
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C		
$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur	°C		
$\theta_{amb}(h)$	Température à l'intérieur du bâtiment (déterminée au niveau de la génération)	°C		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)				
<i>nb_{assembl}</i>	Nombre d'assemblages « ballon base appoint séparé PAC FACTEUR 7 » identiques à considérer au niveau de la génération	-	[1, +∞[	
<i>id_{fousto}</i>	Fonction de l'élément de stockage : 1 : Chauffage, 2 : Refroidissement, 3 : ECS, 4 : Chauffage et ECS, 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent	[1 ;5]	3
<i>Type_{prod_stockage}</i>	Type de production avec stockage 1 - Ballon base sans appoint 2 – Ballon base plus appoint intégré 3 – Ballon base plus appoint dans stockage séparé 4 – Ballon base plus appoint séparé instantané 5 – SSC avec appoint chauffage par système indépendant 6 – SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage	Ent	[1 ;6]	4
<i>Id_{pos_gen}</i>	Position de la génération : 0 : En volume chauffé, 1 : Hors volume chauffé. (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Ent	[0 ;1]	

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\{Q_{assemblage_{cef}}(h)\}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale de l'assemblage	Wh		
$\phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) ballon(s) de stockage vers l'ambiance	Wh		
$\phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) générateur(s) vers l'ambiance	Wh		
Q_{rest}	Demande en énergie non-assurée par un générateur	Wh		
$Q_{rest}^{gnr_base}$	Demandes en énergie non-assurée par le générateur de base uniquement	Wh		

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{w_sto_unit}(h)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Wh		

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
C_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

16.13.7.3. *assemblage des composants*

L'assemblage est repris des fiches *C_GEN_Gestion/régulation de la génération*, *C_STO_Gestion_régulation_ballon* et *C_STO_Ballon_Stockage* il est repris avec les modifications suivantes :

Pour *C_GEN_Gestion/régulation de la génération* l'assemblage fonctionne uniquement en mode ECS.

$$Id_{fou_gen} = 3$$

Il n'y a pas d'échangeur dans le ballon de stockage PAC FACTEUR 7. Le ballon est divisé en 3 zones. Deux zones de volumes identiques contiennent de l'eau chaude, la 3eme zone est constituée d'air comprimé.

Le volume puisé et l'énergie requise sont calculés dans la fiche algorithme **gestion régulation base ballon pour le système PAC FACTEUR 7**.

Dans le calcul de l'assemblage générateur pour le calcul de la puissance requise pour le stockage réalisé dans la fiche *C_STO_Gestion_régulation_ballon* on ajoute le calcul de Taval :

$$T_{aval} = \frac{\theta c_{base} + \theta_{cw}}{2}$$

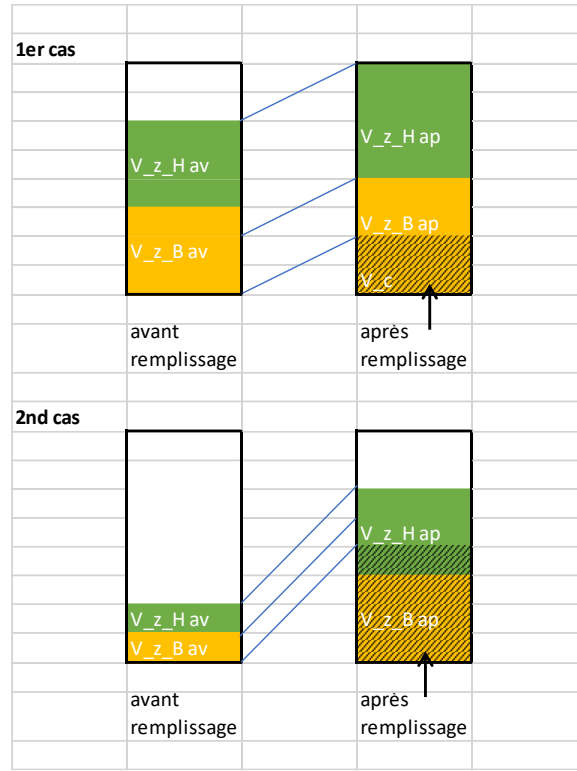
Le calcul dans *C_STO_Ballon_Stockage* est modifié comme suit :

Le ballon de stockage est décrit par 2 zones. Chaque zone du ballon de base reçoit un volume d'eau chaude(V) à la température de sortie de la PAC FACTEUR 7 (T) comme suit :

1. Le générateur de base est connecté à la zone basse (z_B) du ballon donc les entrées du ballon V et T reçoivent respectivement le volume et la température de l'eau chaude en sortie de l'assemblage « *générateur pour stockage PAC FACTEUR 7* ». Les pertes thermiques sont également comptées.
2. La zone haute (z_H) du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique. V=0. Mais les pertes sont comptées.

On distingue deux cas :

- Dans la plupart des cas, le volume V_c d'eau chaude entrant dans le ballon est inférieur au volume de la zone basse du ballon (cas 1 dans l'illustration suivante) ;
- Il arrive que le volume V_c d'eau chaude entrant dans le ballon soit supérieur au volume de la zone basse du ballon (cas 2 dans l'illustration suivante).



D'après ces schémas, l'expression des températures des zones hautes et basses sont :

$$T_{z_H(h)} = \frac{V_{z_H}(h-1) * T_{z_H}(h-1) + \min\left(\frac{V_c(h)}{2}; V_{z_B}(h-1)\right) * T_{z_B}(h-1) + \max\left(0; \frac{V_c(h)}{2} - V_{z_B}(h-1)\right) * T_{entrant}}{V_{z_H}(h-1) + \frac{V_c(h)}{2}} \quad (208)$$

$$T_{z_B(h)} = \frac{\max\left(0; V_{z_B}(h-1) - \frac{V_c(h)}{2}\right) * T_{z_B}(h-1) + \min\left(V_c; \frac{V_c(h)}{2} + V_{z_B}(h-1)\right) * T_{entrant}}{V_{z_B}(h-1) + \frac{V_c(h)}{2}} \quad (209)$$

**16.13.8 FICHE ALGORITHME : GESTION REGULATION BASE
BALLON POUR LE SYSTEME PAC FACTEUR 7**

16.13.8.1. Nomenclature du modèle

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
θ_{cw}	Température de l'eau froide	°C		
$\theta_{ecs_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération gen			
$\theta_{z_B} (h-1)$	Température de la zone z_B du ballon au pas de temps précédent (valeur initiale 55°C)	°C		
$\theta_{z_H} (h-1)$	Température de la zone z_H du ballon au pas de temps précédent (valeur initiale 55°C)	°C		
$Q_{w_sto_unit} (h)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon	Wh		
$Q_{w_sto_unit_report} (h)$	Energie non assurée au pas de temps h-1, reportée au pas de temps courant	Wh		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
V_{tot}	Volume total du ballon	L	$[0, +\infty[$	
V_{z_B}	Volume de la zone basse du ballon	L	$[0, +\infty[$	
V_{z_H}	Volume de la zone haute du ballon	L	$[0, +\infty[$	
$\theta_{c_base} (h-1)$	Température de consigne du ballon	°C	$[0, 110]$	55

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.

$Q_{\text{req_sto_base}}(h)$	Energie requise à fournir à l'élément de stockage par le générateur de base	W		-
$Nb_{\text{iter_vp}}$	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon			
$V_c(h)$	Volume d'eau à fournir pour remplir le ballon	L		
$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps h	L		

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
i	Numéro de l'itération en cours	-		
$\theta_{\text{max}}^{\text{gen}}$	Température maximale des distributions intergroupes d'ECS connectées à une même génération	°C		
$Q_{\text{w_sto_unit}}(i)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon au début de l'itération i	Wh		
$Q_{\text{w_sto_unit_report}}(i)$	Energie non assurée à l'itération i-1, reportée à l'itération courante	Wh		
$V_p(i)$	Volume puisé pendant l'itération i	L		

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

16.13.8.2. *Description*

Pour produire de l'eau chaude, un ballon de stockage PAC FACTEUR 7 possède une source de chaleur. Cette unique source de chaleur est appelée base.

En tenant compte des paramètres de gestion-régulation du thermostat, nous calculons, en premier lieu, le volume d'eau chaude puisé dans le ballon d'énergie puis l'énergie requise au niveau du générateur de base pour couvrir les besoins d'ECS.

16.13.8.3. Description mathématique

Ces algorithmes sont en amont du modèle de ballon et déterminent le volume à puiser au pas de temps h puis l'énergie et le volume à fournir par le générateur de base pour remplir le ballon avec de l'eau à la température de consigne.

16.13.8.3.1. Itérations lors d'un même pas de temps horaire pour le calcul du volume puisé

Le calcul du volume puisé à partir de la demande d'énergie utilise la température de la zone basse du ballon θ_{z_B} (au pas de temps précédent). Par conséquent, chaque zone pouvant avoir une température différente, le volume puisé ne peut excéder le volume de la plus petite zone du ballon.

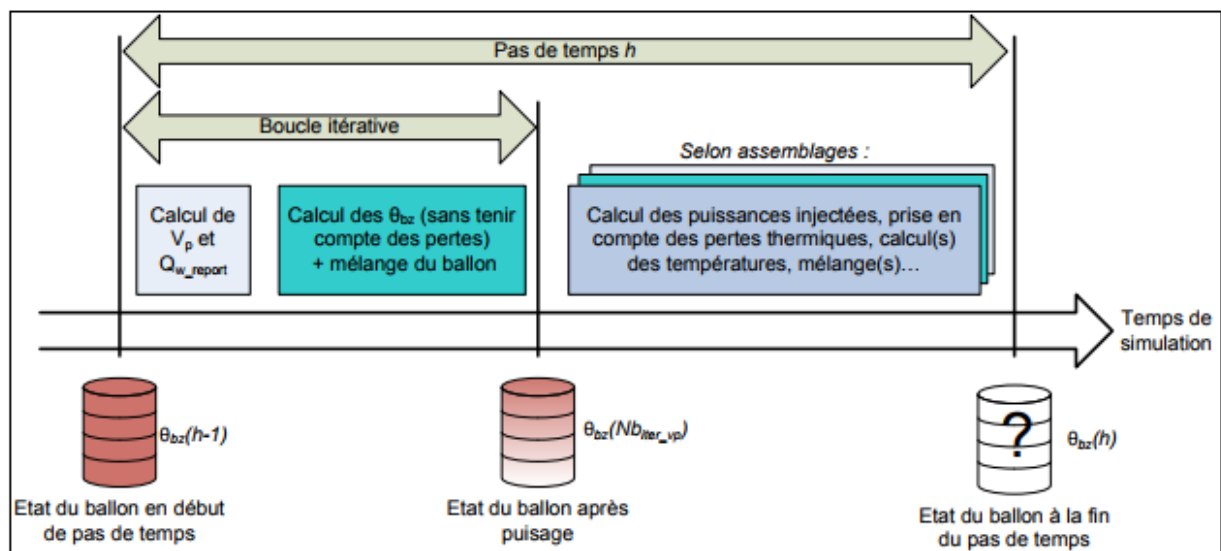
Pour remédier à cela, le volume puisé total du pas de temps h est calculé au cours de plusieurs itérations i , avec les hypothèses suivantes :

Le volume puisé, l'énergie reportée et les températures du ballon (V_p , $Q_{w_sto_unit_report}$, $\theta_{z_B}/\theta_{z_H}$) sont calculés à chaque itération ;

- si l'énergie reportée est nulle, la boucle itérative s'arrête ;

Ni les pertes ni les puissances injectées dans le ballon ne seront comptabilisées avant la dernière itération de la boucle ;

La chronologie des événements est expliquée ci-dessous :



16.13.8.3.2. Calcul du nombre d'itérations

Le nombre total d'itérations servant à calculer le volume total puisé dans le ballon est égal à :

$$Nb_{iter_vp}=4$$

Lorsque le système PAC FACTEUR 7 est basé sur un assemblage Ballon base avec appoint séparé instantané, les algorithmes sont définis dans la fiche *Ballon base PAC FACTEUR 7 échangeur AS instantané pour le système PAC FACTEUR 7*.

16.13.8.3.3. Initialisation de la boucle itérative

i est initialisé à 1 au début du pas de temps h

16.13.8.3.4. Calcul du volume puisé d'ECS (boucle itérative)

A la première itération (i=1), on pose

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit}(h) \quad (210)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante.

Si $(\theta_{z_B}(h-1) > \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (211)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw}) \quad (212)$$

Si $(\theta_{cw} < \theta_{z_B}(h-1) < \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (213)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw}) \quad (214)$$

$$Si (\theta_{z_B}(h-1) < \theta_{cw})$$

$$V_p(i) = 0 \quad (215)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) \quad (216)$$

La boucle itérative continue tant que $(1 < i \leq Nb_{iter_vp}$ et $Q_{w_sto_unit_report}(i) \neq 0$)

De même que précédemment,

$$Si (\theta_{z_B}(i-1) > \theta_{max}^{gen})$$

$$V_p(i) = \min \left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}} \right) \quad (217)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(i-1) - \theta_{cw}) \quad (218)$$

$$Si (\theta_{cw} < \theta_{z_B}(i-1) < \theta_{max}^{gen})$$

$$V_p(i) = \min \left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}} \right) \quad (219)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(i-1) - \theta_{cw}) \quad (220)$$

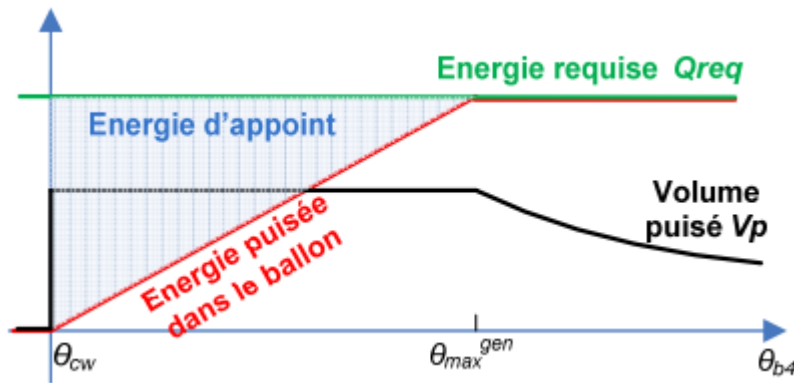
$$Si (\theta_{z_B}(i-1) < \theta_{cw})$$

$$V_p(i) = 0 \quad (221)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) \quad (222)$$

Pour une température de la zone de puisage ($\theta_{z.B}$) inférieure à la température maximale attendue par les réseaux intergroupes (θ_{max}^{gen}), le volume puisé ne dépend pas de la température du ballon puisqu'il est calculé avec un écart de température constant. De ce fait, l'appoint est nécessaire.

Dans le cas contraire, le ballon peut assurer seul la demande d'énergie. L'appoint ne fonctionne pas.



La boucle itérative sur les algorithmes de la gestion-régulation de la base du ballon se termine ici.

Le volume total puisé dans le ballon au pas de temps courant est noté de la manière suivante :

$$V_p(h) = \sum_{i=1}^{Nb_{iter_vp}} V_p(i) \quad (223)$$

16.13.8.3.5. Calcul de la puissance requise

Le dispositif de régulation du ballon se base sur le volume d'eau restant après le puisage.

Le dispositif chauffant devra se déclencher si : $V_p(h) > 0$ ou $V_z < V_{tot}$

La puissance requise à fournir par la base est donnée par l'équation :

$$Q_{req_sto_base} = \max(\rho_w \cdot c_w \cdot (V_{tot} - (V_{zB} + V_{zH})) \cdot (\theta_{c_base} - \theta_{cw}), 0) \quad (224)$$

Les volumes sont ceux de la dernière itération (voir les algorithmes du ballon de stockage PAC FACTEUR 7).

**16.13.9 FICHE ALGORITHME : BALLON DE STOCKAGE POUR LE
SYSTEME PAC FACTEUR 7**

16.13.9.1. Nomenclature du modèle

Pour le ballon d'eau chaude sanitaire

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\theta_{\text{entrant}} (h)$	Température de l'eau chaude à l'entrée du ballon de stockage	°C		
$\theta_{\text{amb}} (h)$	Température ambiante (de l'endroit où est le ballon, déterminée au niveau de la génération)	°C		
$V_p (h)$	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	L		
$Nb_{\text{iter_vp}}$	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-		
$Q_{\text{fouPAC}} (h)$	Puissance fournie par la PAC au ballon de stockage	W		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
V_{tot}	Volume total du ballon	L	$[0, +\infty[$	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	$[0, +\infty[$	-
Statut_donnée_UA	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 3 - Certifiée 2 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO	-	{1 , 3}	-

	1 - Par défaut			
--	----------------	--	--	--

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
Pe(h)	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h	Wh	[0, +∞[	-
θ_{z_B} (h)	Température de la zone basse du ballon au pas de temps h	°C	[0, 100]	-
θ_{z_H} (h)	Température de la zone haute du ballon au pas de temps h	°C	[0, 100]	-

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
(UA) _{s_util}	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	[0, +∞[	-
Pe _{z_H}	Pertes thermiques de la zone haute du ballon	W	[0, +∞[	-
Pe _{z_B}	Pertes thermiques de la zone basse du ballon	W	[0, +∞[	-
V _c (h)	Volume d'eau injecté dans le ballon par la PAC	L	[0, +∞[	
V _{z_H}	Volume de la zone haute du ballon	L	[0, V _{tot} /2]	-
V _{z_B}	Volume de la zone basse du ballon	L	[0, V _{tot} /2]	-
V _z	Volume de la zone z du ballon	L	[0, V _{tot}]	-
U _z	Coefficient de pertes thermiques de la zone z du ballon	W/K	[0, +∞[	-

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.

ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
C_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

16.13.9.2. *Description du ballon de stockage d'eau chaude*

Le ballon de stockage d'eau chaude sanitaire du système PAC FACTEUR 7® peut être mobilisé ou non (alternativement un stockage « générique » peut être utilisé pour la PAC FACTEUR 7), il ne comporte aucun échangeur de chaleur.

Le stockage est à niveau variable, sans avoir de mélange eau froide / eau chaude. L'eau chaude produite par le générateur PAC FACTEUR 7® est introduite dans la zone basse du ballon. L'eau chaude est tirée de la zone basse du ballon. La partie non remplie d'eau chaude est constituée d'air comprimé afin d'assurer la distribution dans le bâtiment.

16.13.9.3. *description mathématique*

16.13.9.3.1. Types de ballon

Le ballon est décrit par 2 zones.

Le ballon du système PAC FACTEUR 7® est décrit par le volume de la zone de stockage qui est toujours décomposée en deux parties de volumes équivalents ($V_{z_B} = V_{z_H}$). Les deux zones sont caractérisées par leur :

- > volume V_z (h),
- > coefficient de perte U_z (h),
- > température θ_z (h).

16.13.9.3.2. Pertes thermiques du stockage d'eau chaude

La valeur de UA par défaut est, selon la méthode Th-BCE pour les ballons de type « Autre » :

$$Q_{pr} = 0,189 \cdot V_{tot}^{0,55} \quad (225)$$

Pour convertir Q_{pr} en UAs, la formule suivante est appliquée :

$$UA_S = \frac{Q_{pr} * 1000}{24 * \Delta T^\circ} \quad (226)$$

L'hypothèse sur ΔT° est la suivante : ΔT° entre l'extérieur et le ballon est de 45°C.

Les pertes du stockage sont calculées en appliquant la procédure suivante, si la valeur est déclarée :

$$UA_{S_util} = UA_S \times 1,2 \quad (227)$$

Le coefficient de perte du ballon est constant et appliqué sur le volume d'eau existant et sur la partie d'air comprimé :

Pour les zones « Eau chaude » :

$$U_z = UA_{S_util} \cdot \frac{V_z}{V_{tot}} \quad (228)$$

Calcul des températures de chaque zone

Les algorithmes du ballon s'organisent en deux étapes :

- > Calcul des pertes pour chaque zone avec les températures de la fin du pas précédent
- > Calcul des températures de chaque zone après puisage et application des apports et des pertes

16.13.9.3.2.1. Calcul des pertes

Les pertes sont les pertes thermiques du ballon vers l'air ambiant. Les pertes de chacune des deux zones sont données par les équations :

$$Pe_{z_B}(h) = U_z \cdot (\theta_{z_B}(h) - \theta_{amb}(h)) \quad (229)$$

$$Pe_{z_H}(h) = U_z \cdot (\theta_{z_H}(h) - \theta_{amb}(h)) \quad (230)$$

Les pertes du ballon sont donc la somme des pertes des deux zones.

$$P_e(h) = \sum_z Pe_z(h) = Pe_{z_B}(h) + Pe_{z_H}(h) \quad (231)$$

Note : au premier pas de temps de la simulation, nous prendrons $\theta_{z_B}(h-1) = \theta_{z_H}(h-1) = 55^\circ\text{C}$.

16.13.9.3.3. Boucle itérative de puisage

Une partie des algorithmes ci-dessous est incluse dans une boucle itérative. Cette boucle (commencée dans la partie « gestion-régulation de la base du ballon ») est nécessaire pour calculer la totalité du volume puisé dans le ballon en tenant compte de l'évolution des températures de chaque zone du ballon due à l'effet piston.

16.13.9.3.3.1. Températures pendant le puisage

La température de l'eau chaude dans le ballon est déterminée en deux étapes.

> Détermination d'une température intermédiaire après l'effet de la perte

$$\theta_{z_B}(h-1) = \theta_{z_B}(h-1) - \left(Pe_{z_B} / (V_{z_B} \cdot \rho_w \cdot c_w) \right) \quad (232)$$

$$\theta_{z_H}(h-1) = \theta_{z_H}(h-1) - \left(Pe_{z_H} / (V_{z_H} \cdot \rho_w \cdot c_w) \right) \quad (233)$$

On calcule le nouveau volume du ballon :

Le volume des zones haute et basse est donné par les relations suivantes :

$$V_z = V_z - V_p \quad (234)$$

$$V_{z_H} = V_{z_B} = V_z / 2 \quad (235)$$

$$\theta_{z_B}(i) = \frac{\left((V_{z_B} - V_p/2) \cdot \theta_{z_B}(i-1) + V_p/2 \cdot \theta_{z_H}(i-1) \right)}{V_{z_B}} \quad (236)$$

$$\theta_{z_H}(i) = \frac{V_{z_H} \cdot \theta_{z_H}(i-1)}{V_{z_H}} \quad (237)$$

Après la boucle itérative de puisage

16.13.9.3.3.2. Température après puisage avec apports

> Calcul du volume d'eau chaude apportée par la PAC dans le ballon:

$$V_c = \frac{Q_{\text{fouPAC}}(h)}{(55 - \theta_{\text{cw}}) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (238)$$

> Détermination de la température finale après les éventuels mélanges l'eau chaude entrante

$$V_z = V_z + V_c \quad (239)$$

Si $V_{z-H} + V_c = 0$, alors T_{z-H} et T_{z-B} restent inchangés.

$$\theta_{z_H}(i) = \frac{V_{z_H} \cdot \theta_{z_H}(i-1) + \min(V_c/2; V_{z_B}) \cdot \theta_{z_B}(i-1) + \max(V_c/2 - V_{z_B}; 0) \cdot \theta_{\text{entrant}}}{V_{z_H} + V_c/2} \quad (240)$$

$$\theta_{z_B}(i) = \frac{(V_{z_B} \cdot \theta_{z_B}(i-1) + V_c/2 \cdot \theta_{\text{entrant}})}{V_{z_B} + V_c/2} \quad (241)$$

$$V_{z_H} = V_{z_B} = V_z/2 \quad (242)$$

16.14 C_GEN_Radiateur numérique Q.rad

16.14.1 INTRODUCTION

Le Q.rad de la société Qarnot Computing est un radiateur numérique permettant de recycler la chaleur fatale produite par les équipements informatiques, en la valorisant sous forme de chaleur utile pour le chauffage des locaux.

Le Q.rad est analogue à un radiateur électrique dans lequel l'élément chauffant à effet Joule est substitué par des processeurs informatiques. Il est piloté de façon à ajuster automatiquement la fréquence de ces processeurs pour atteindre et maintenir la température ambiante souhaitée. Le radiateur numérique peut également être mis en veille manuellement.

Le Q.rad est constitué des composants suivants (intégrés directement dans le Q.rad) :

- Un ensemble comprenant les cartes mères et processeurs de calcul ;
- Un routeur permettant de communiquer avec l'ambiance intérieur et d'envoyer les consignes du thermostat ;
- Un ensemble de capteurs constituant la partie « objet connecté » du radiateur ;
- Un bloc d'alimentation ;
- Un appoint électrique à effet Joule : il vise à compléter la puissance transmise au local, dans les périodes où la puissance thermique des cartes mères est insuffisante.

16.14.2 CHAMPS D'APPLICATION

La présente méthode n'est applicable pour une zone de bâtiment donnée que si cette zone n'est pas climatisée au sens de la RE2020.

La présente méthode s'applique à tous les bâtiments soumis à la RE2020.

16.14.3 NOMENCLATURE

Le Tableau 16 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
$\theta_{amb}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve le générateur, au pas de temps h.	°C			
$Q_{req,ch}(h)$	Besoins en énergie de chauffage du groupe, au pas de temps h.	Wh			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$P_{w_max_Qrad_pc}$	Puissance maximale absorbée par le Radiateur Numérique Qrad à pleine charge (ensemble des composants).	W	0	$+\infty$	
$P_{w_max_CM_pc}$	Puissance maximale absorbée par les cartes mères seules à pleine charge.	W	0	$+\infty$	
$P_{w_Qrad_veille}$	Puissance électrique absorbée du Radiateur Numérique Qrad en mode veille englobant routeur, capteurs et alimentation associée.	W	0	$+\infty$	
η_{alim}	Efficacité du bloc d'alimentation du Radiateur Numérique Qrad.	-	0	1	
$f_{coupure}$	Fraction de consommation non-valorisable lors des périodes de coupure de signal internet.	%	0	100%	0,1 %
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage</i> : 1	Ent	0	6	1
id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité</i> : 5	Ent	1	6	5
id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval :	Ent	1	2	2

2 : air

R_{dim}	Nombre de générateur identique.	Ent	1	$+\infty$	-
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Q_{fou}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	-
$\{Q_{cef}(h)\}$	Matrice des consommations par poste et par type d'énergie.	Wh	0	$+\infty$	-
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	-
$P_{n,gen,ch}$	Puissance de chauffage maximale de l'ensemble des Radiateurs Numériques.	W	0	$+\infty$	-
$Q_{CM}(h)$	Quantité d'énergie fournie spécifiquement par les cartes mères, hors auxiliaires.	Wh	0	$+\infty$	--
$Q_{rest,ch}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur).	Wh	0	$+\infty$	-
$\tau_{charge}(h)$	Taux de charge du générateur.	Réel	-	-	-
$\eta_{eff}(h)$	Efficacité du générateur en énergie finale.	Réel	-	-	-
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques récupérables, émise vers le volume chauffé.	Wh	0	$+\infty$	-
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
P_{max}	Puissance thermique de chauffage maximale avec recours aux résistances électriques d'appoint.	W			
$P_{max_CMseules}$	Puissance thermique de chauffage maximale sans recours aux résistances électriques d'appoint (cartes mères et auxiliaires associés seulement).	W			

W_{aux_veille}	Consommation électrique pour une heure de fonctionnement en mode veille.	Wh	
$W_{alim}(h)$	Consommation électrique de l'alimentation au pas de temps h.	Wh	
$W_{appoint}(h)$	Consommation électrique de l'appoint au pas de temps h.	Wh	
$W_{CMseules}(h)$	Quantité d'énergie absorbée (= fournie) par les cartes mères seules au pas de temps h.	Wh	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Valeur
$\eta_{alim_ref}(h)$	Efficacité de référence du bloc d'alimentation.	-	0,95

Tableau 16 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.14.4 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

16.14.4.1. *Principe général*

Le Radiateur Numérique Q.rad est pris en compte dans le moteur de calcul RE2020 au travers :

- d'une saisie adaptée des paramètres du composant émetteur de chauffage de la méthode Th-BCE
- d'un algorithme de comptabilisation des consommations, sous forme d'un générateur de chauffage Q.rad intégré au moteur de calcul.

L'émetteur de chauffage correspondant au système Q.rad doit être paramétré de la façon suivante :

Typologie_Emetteur_Chau	2 : Emetteurs muraux rayonnants (panneaux rayonnants, ...)
Classe_Variation_Spatiale	4 : Classe B3
Statut_Variation_Temporel	2 : Valeur pas défaut
Couple_Regulateur_Emett	0 : Couple régulateur/émetteur ne permettant pas un arrêt total de l'émission
detection_presence	0 -> Autres_cas
Gest_vcv	0 -> Pas de ventilateur

16.14.4.2. *Modélisation du générateur de chauffage Q.rad*

La prise en compte du système de chauffage par radiateur numérique Q.rad dans la RE2020 détermine le niveau de fonctionnalités à chaque pas de temps de la saison de chauffage quel mode de fonctionnement s'applique.

Elle permet de comptabiliser les consommations électriques en énergie finale de différents composants du système incluant le routeur, les capteurs, le bloc d'alimentation et l'appoint électrique (effet Joule) dans le poste chauffage.

Le Q.rad ne s'active que lorsqu'il y a un besoin de chauffage, généralement pendant la saison de chauffage. Il peut fonctionner dans trois modes :

- **Mode veille** : Les besoins de chauffage sont nuls, le Qrad bascule en mode « veille ». Dans ce cas, il consomme une quantité d'énergie résiduelle, correspondant à l'alimentation des capteurs et du routeur. Cette consommation est comptabilisée sur le poste chauffage.
- **Mode cartes mères seules** : Les besoins de chauffage peuvent être assurés par les cartes mères, ainsi que les auxiliaires associés à leur fonctionnement (routeur, alimentation, capteurs), sans recours aux résistances électriques auxiliaires d'appoint.

La consommation électrique des cartes mères est considérée comme gratuite, car elle est associée à un processus de calcul utile.

Pour ce qui est du bloc d'alimentation, sa consommation est comptabilisée dans le poste chauffage, mais uniquement au-delà d'une fraction considérée comme irréductible et intrinsèque au processus de calcul numérique. Cette fraction irréductible correspond conventionnellement à une efficacité d'alimentation de référence de 95%.

La consommation du routeur et des capteurs sont comptabilisées intégralement dans le poste chauffage.

- **Mode cartes mères et résistances électriques d'appoint** : Les besoins de chauffage ne peuvent pas être assurés par les cartes mères et auxiliaires seulement (routeur, alimentation et capteurs). Le traitement est le même que pour le mode "cartes mères seules", sauf que les résistances électriques d'appoint sont utilisées pour compléter la puissance fournie. Leurs consommations sont comptabilisées dans le poste chauffage.

Par ailleurs, une fraction des puissances électriques absorbées par les cartes mères ($f_{coupure}$) est comptabilisée pour prendre en compte les absences très ponctuelles de calcul disponible à communiquer au Q.rad. Elle représente l'ensemble des consommations des processeurs lorsque le Q.rad perd momentanément la connexion internet

Les différentes étapes de la modélisation du radiateur numérique Q.rad sont présentées de manière séquentielle dans les paragraphes ci-dessous.

16.14.4.2.1. Quantité d'énergie fournie par le générateur pour tout mode sollicité

En premier le lieu, on introduit W_{aux_veille} la consommation électrique pour une heure de fonctionnement de l'ensemble des auxiliaires du radiateur numérique en mode veille, à savoir les capteurs, le routeur et l'alimentation. Cette consommation est calculée selon la formule suivante :

$$W_{aux_veille} = R_{dim} \cdot P_{w_max_Qrad_veille} \quad (243)$$

La puissance de chauffage maximale à disposition avec appoint (résistances électriques) est égale à la puissance maximale absorbée par le radiateur numérique Q.rad à pleine charge (appoint et auxiliaires) par l'ensemble des R_{dim} radiateurs radiateur numérique identiques.

$$P_{max} = P_{n,gen,ch} = R_{dim} \cdot P_{w_max_Qrad_pc} \quad (244)$$

De même, on définit la puissance de chauffage maximale fournie sans appoint, comprenant les cartes mères et les auxiliaires associés (routeur, capteurs et alimentation).

$$P_{max_CMseules} = W_{aux_veille} + R_{dim} \cdot \frac{1}{\eta_{alim}} \cdot P_{w_max_CM_pc} \quad (245)$$

La quantité d'énergie totale effectivement fournie par le générateur (Système Q.rad) pour tout mode sollicité est plafonnée par la puissance thermique de chauffage maximale avec recours à l'appoint (P_{max}) et les besoins énergétiques de chauffage, au pas de temps horaire.

$$Q_{fou}(h) = MIN(Q_{req_ch}(h) ; P_{max}) \quad (246)$$

La quantité d'énergie restant à fournir, au pas de temps suivant est calculée en fonction des besoins énergétiques de chauffage, au pas de temps horaire et la quantité d'énergie totale fournie par le générateur Q.rad.

$$Q_{rest,ch}(h) = Q_{req_ch}(h) - Q_{fou}(h) \quad (247)$$

16.14.4.2.2. Quantité d'énergie consommée pour les trois modes

En service, l'intégralité de la puissance absorbée contribue à l'augmentation de la température de l'air intérieur et donc à atteindre et maintenir la température de consigne de chauffage.

▣ Si $Q_{fou}(h) \leq W_{aux_veille}$, alors : mode veille

Dans ce mode veille, la consommation est égale à la consommation du mode veille, est donc :

$$Q_{fou}(h) = W_{aux_veille} \quad (248)$$

Cette quantité d'énergie consommée est considérée comme non-récupérable, d'où :

$$\Phi_{vc}(h) = 0 \text{ (W)} \quad (249)$$

▣ Sinon $Q_{fou}(h) \leq P_{max,CMseules}$, alors : mode cartes mères seules

Dans ce mode de fonctionnement, le radiateur numérique fonctionne sans recours à l'appoint (puissance thermique cumulée des cartes mères et auxiliaires suffit à répondre aux besoins de chauffage).

La quantité d'énergie fournie spécifiquement par les cartes mères, hors auxiliaires, ($Q_{CM}(h)$) est calculée à partir de la quantité d'énergie totale fournie par le générateur Q.rad pour tout mode sollicité ($Q_{fou}(h)$) et des autres contributions apportées par les auxiliaires (W_{aux_veille}) ainsi que la puissance maximale absorbée par les cartes mères seules à pleine charge ($P_{w_max_CM_pc}$).

Il est à souligner que la quantité d'énergie fournie par les cartes mères, hors auxiliaires ($Q_{CM}(h)$), composante de la consommation du radiateur numérique Q.rad, n'est pas comptabilisée dans le calcul réglementaire.

$$Q_{CM}(h) = MIN \left(R_{dim} \cdot P_{w_max_CM_pc} ; \eta_{alim} \cdot (Q_{fou}(h) - W_{aux_veille}) \right) \quad (250)$$

La consommation associée à l'alimentation des cartes mère, notée $W_{alim}(h)$ est calculée à partir de l'efficacité du bloc d'alimentation (η_{alim}), en déduisant la consommation équivalente à celle de l'alimentation de référence ($\eta_{alim_ref}(h)$), fixée à 0,95 :

$$W_{alim}(h) = MAX \left(0 ; \frac{1}{\eta_{alim}} - \frac{1}{\eta_{alim_ref}} \right) \cdot Q_{CM}(h) \quad (251)$$

La consommation d'appoint est nulle :

$$W_{appoint}(h) = 0 \text{ (Wh)} \quad (252)$$

▣ Sinon $Q_{fou}(h) > P_{max,CMseules}$, alors : mode cartes mères et résistances électriques d'appoint

Dans ce dernier mode de fonctionnement, les cartes mères fonctionnent à pleine charge, à la puissance maximale absorbée ($P_{w_max_CM_pc}$) en ayant recours à l'appoint car la température de consigne ne peut être atteinte en mode cartes mères seules.

Ainsi :

$$Q_{CM}(h) = R_{dim} \cdot P_{w_max_CM_pc} \quad (253)$$

La consommation associée à l'alimentation des cartes mère ($W_{alim}(h)$) est calculée selon l'éq. (9)

Enfin, on comptabilise la consommation de l'appoint correspondant à la quantité de chaleur fournie au-delà de la quantité fournie par les cartes mères et les auxiliaires $P_{max,CMseules}$:

$$W_{appoint}(h) = Q_{fou}(h) - P_{max_CMseules} \quad (254)$$

Au final, on additionne les consommations des différents composants du radiateur numérique pour obtenir sa consommation horaire du générateur en énergie finale ($Q_{conso}(h)$). On ajoute à cette somme un terme proportionnel à la quantité d'énergie fournie spécifiquement par les cartes mères, hors auxiliaires ($Q_{CM}(h)$) pour intégrer le risque d'absence de calcul numérique disponible. Ce terme correspondant à la fraction de consommation non-valorisable lors des périodes de coupure de signal internet de plus de quelques heures ($f_{coupure}$) et qui correspond à un taux forfaitaire de 0,1%.

$$Q_{cons}(h) = W_{aux_veille} + W_{alim}(h) + W_{appoint}(h) + f_{coupure} \cdot Q_{CM}(h) \quad (255)$$

A l'issue du calcul, la matrice des consommations du générateur $\{Q_{cef}(h)\}$ est remplie dans la case correspondant au poste chauffage et à l'énergie principale « électricité ».

16.15 C_GEN_ Chaudière numérique et rechauffeur de boucle QB1

16.15.1 INTRODUCTION

16.15.1.1. Description du concept

Ce système est une chaudière numérique permettant de chauffer directement de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS), en captant la chaleur dégagée par les processeurs informatiques.

Les data centers consomment des quantités importantes d'électricité, environ 9% en France d'après EDF, dont près de 40% sont dédiés au refroidissement des machines informatiques. Non seulement la chaleur est perdue mais elle nécessite en plus une consommation électrique supplémentaire pour l'évacuer.

La chaudière numérique est un moyen de capter et de valoriser cette chaleur fatale produite par les équipements informatiques, en la valorisant sous forme d'Eau Chaude Sanitaire. En effet, au lieu de déplacer la chaleur (beaucoup de perte, coûts d'ingénierie et investissement important, modèle non répliquable à grande échelle...), la solution consiste à déplacer un morceau de data center au sein des bâtiments où la chaleur sera utile. La chaudière numérique est ainsi un générateur de puissance destiné à assurer la base de chauffage nécessaire à l'ECS, et à être associée à un générateur d'appoint, et ensuite être couplée avec un ballon tampon ou être utilisée en retour de bouclage.

16.15.1.2. Principe de fonctionnement et caractéristiques

La chaudière numérique est un générateur d'eau chaude, grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques lors des calculs.

Cette chaleur étant un déchet pour l'informatique, il est nécessaire de l'évacuer. Ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur pour produire de l'Eau Chaude Sanitaire. Ce système peut fournir jusqu'à 3000W par module selon les configurations. Les performances en termes de température et de puissance dépendent du matériel informatique utilisé. L'appoint et les éventuels circulateurs ne sont pas intégrés au système qui est uniquement une source de puissance.

Pour fonctionner les chaudières numériques doivent être connecté à l'électricité, à l'eau et à un réseau informatique opéré par Qarnot. En pied d'immeuble, il est nécessaire de disposer d'une baie informatique faisant le lien avec l'accès internet et qui pilotera l'envoi des calculs informatiques sur la ou les chaudières, comme dans le cas des radiateurs. Il est possible d'associer plusieurs modules en série ou en parallèle, ou série parallèle en fonction des installations.

L'eau circule en direct, sans circuit primaire / secondaire, le processeur est directement plaqué contre un dissipateur en aluminium qui enserre en sandwich un tuyau en cuivre.

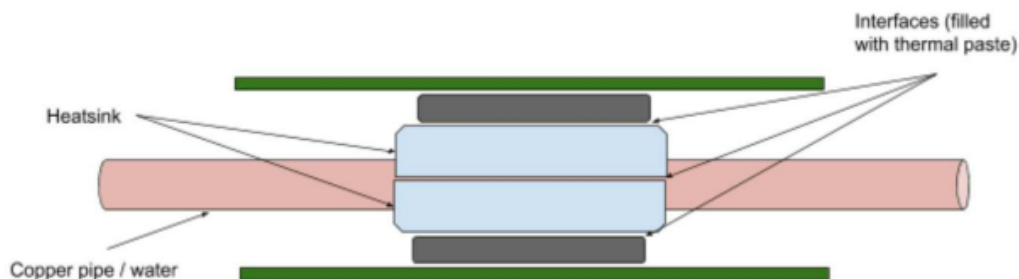


Figure 2 : Principe de chauffage ECS direct de la chaudière numérique



Figure 3 : Module de 6 cartes mères de chauffage, jusqu'à 4 par chaudière numérique

La chaudière numérique peut être connectée à un ballon de stockage avec échangeur ou intégré dans d'autres modes de fonctionnement comme en réchauffage de boucle par exemple. Il peut être complété par un système d'appoint.

16.15.1.3. Contraintes d'installation

La chaudière numérique s'installe comme une chaudière électrique, sur une prise électrique suffisamment puissante.

Il est également nécessaire de la relier à la connexion internet permettant d'acheminer les calculs nécessaires à la génération de chaleur. Cette connexion est mise en place de manière autonome via un réseau mis en place spécifiquement. Pour ce faire il est indispensable d'utiliser un réseau câblé Ethernet / RJ45 dédié, ou éventuellement une fibre optique.

Ce réseau spécifique répond à un cahier des charges contraignant : il est constitué d'un point d'entrée pour piloter l'installation connecté à internet par fibre optique obligatoirement permettant un accès haut débit.

Les utilisations envisagées portent sur l'Eau Chaude Sanitaire collective dans le cadre de cette demande de titre 5.

L'idée est de fonctionner en continu, à débit constant, pour assurer la base des besoins selon les configurations. En complément, il s'agira d'ajouter un appoint par rapport aux configurations standards pour assurer les besoins au-delà de la base. Les configurations standards sont uniquement indicatives dans la mesure où le bureau d'étude est évidemment impliqué dans la conception du circuit hydraulique qui pourra intégrer la chaudière numérique dans des conditions optimales de fonctionnement (techniques et économiques) pour elle-même et pour le bâtiment.

16.15.2 CHAMP D'APPLICATION

La chaudière numérique peut être déployée sur tout type de bâtiment, pour la production d'Eau Chaude Sanitaire collective. On trouve notamment les usages ci-dessous

- logements collectifs
- Enseignement secondaire (partie nuit)
- Etablissement sanitaire avec hébergement
- Hôpital
- Hôtel
- Restauration

L'objectif est de couvrir deux usages liés à l'Eau Chaude Sanitaire :

- Le chauffage de base du ballon (cf. chapitre 16.15.3),
- Le réchauffage de la boucle de distribution d'ECS au niveau du retour (cf. chapitre 16.15.4)

Les deux usages couvrent uniquement le domaine de l'ECS mais ne couvrent pas le domaine du chauffage. Les modélisations sont présentées dans deux fiches algorithmes visant à considérer une prise en compte de la chaleur produite par la chaudière numérique comme de la chaleur fatale.

16.15.3 CHAUDIERE NUMERIQUE – CHAUFFAGE DE BASE DU BALLON

16.15.3.1. Nomenclature

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de la chaudière numérique QB1. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant						
Génération	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{\text{aval,ecs}}(h)$	Températures de la source aval du générateur	°C			
	$Q_{\text{req,ecs}}(h)$	Demande en énergie transmise au générateur via la gestion/régulation de la génération	W			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	Rdim	Nombre de générateurs identiques	Ent	1	$+\infty$	
	Pnom_chaudière	Puissance thermique nominale d'une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	
	Paux_chaudière	Puissance électrique des auxiliaires dédiés à une chaudière numérique	W	0	$+\infty$	
	$\theta_{\text{max_Pmax}}$	Température de la source aval maximale pour fournir Pnom_chaudière	°C	0	100	
	θ_{max}	Température de la source aval maximale de fonctionnement de la chaudière numérique	°C	0	100	
	$\alpha_{\text{Pfou_QB-1}}$	Coefficient directeur de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{\text{max_Pmax}} \leq \theta_{\text{aval}} \leq \theta_{\text{max}}$	W.°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\beta_{\text{Pfou_QB-1}}$	Ordonnée à l'origine de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{\text{max_Pmax}} \leq \theta_{\text{aval}} \leq \theta_{\text{max}}$	W	0	$+\infty$	

Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
idfougen gnr	Fonction de la chaudière numérique compris dans la génération : 3 : ECS	Ent	0	5	3	
Id _{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : eau 2 : air 3 : sol	Ent	0	5	3	
ID_En_Gen	Fonction de la chaudière numérique compris dans la génération : 3 : ECS	Ent	0	5	3	
Sortie						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par la chaudière numérique	Wh	0	$+\infty$	0	
$Q_{aux}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	$+\infty$	0	
$\{Q_{cef_ecs(id_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs. L'indice id_engen correspond aux différents types d'énergie.	Wh	0	$+\infty$	0	
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire de la chaudière numérique en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	0	

Tableau 17 : Nomenclature du modèle

16.15.3.2. Description mathématique de la chaudière numérique QB1

16.15.3.2.1. Calcul de la quantité d'énergie fournie par la chaudière numérique QB1

La consommation électrique des équipements informatiques est considérée comme gratuite, sauf pour les systèmes auxiliaires.

L'énergie disponible de la chaudière numérique au réseau d'ECS est égale à :

Si $\theta_{aval} \leq \theta_{max_Pmax}$:

La chaudière numérique peut fonctionner à sa puissance nominale.

$$P_{fou} = P_{nom_chaudière} * R_{dim} * 1000 [Wh] \quad (256)$$

Si $\theta_{max_Pmax} < \theta_{aval} < \theta_{max}$

L'eau en entrée de la chaudière modifie le comportement de la chaudière et limite la puissance thermique disponible en sortie. Les serveurs ne sont plus refroidis correctement, automatiquement les serveurs réduisent leur consommation et fonctionnent en mode dégradé pour protéger leur intégrité.

Cette perte de puissance se modélise de la manière suivante :

$$Pfou(\theta_{aval}) = \alpha Pfou_{QB-1} * \theta_{aval} + \beta Pfou_{QB-1} [Wh] \quad (257)$$

Si $\theta_{aval} \geq \theta_{max}$

Pour une température θ_{aval} supérieure θ_{max} l'eau en entrée de la chaudière n'est plus capable de refroidir correctement les serveurs informatiques, dès lors les mécanismes d'autoprotection des processeurs arrêtent les serveurs, les alimentations sont également éteintes. La fonction de chauffage de l'eau est par conséquent également arrêtée.

$$Pfou = 0 [Wh] \quad (258)$$

16.15.3.2.2. Calcul de la quantité d'énergie consommée

La puissance des auxiliaires de circulation devra être calculée au niveau de sa contribution réelle, sous forme d'énergie électrique. On considère ici les puissances des éléments électroniques dont la chaleur n'est pas récupérée (routeur et cartes de contrôle), ainsi que les éventuels auxiliaires de circulation (pompes, circulateur) indispensable au fonctionnement de la chaudière numérique.

$$Paux = Paux_{\text{électronique}} + Paux_{\text{circulation}} [W] \quad (259)$$

La totalité de l'énergie thermique fournie correspond à de la chaleur fatale produite par le système informatique et récupérée pour le chauffage de l'eau, par conséquent ne doit pas être comptabilisée. L'énergie électrique consommée par les auxiliaires doit en revanche être comptabilisée.

$$Qcons = Paux * 2,3 [Wh] \quad (260)$$

16.15.4 CHAUDIERE NUMERIQUE - RECHAUFFEUR DE BOUCLE

Ce chapitre vise la prise en compte de la chaudière numérique, en tant que réchauffeur de boucle, placée en fin de bouclage. Ce réseau / système, relié en amont à une génération et en aval à un (ou plusieurs) réseau(x) de distribution internes au groupe, peut être commune à plusieurs bâtiments.

Le système est une chaudière permettant de chauffer l'eau grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques, soit des CPU, éventuellement des GPU ou n'importe quel autre type de processeurs, lors des calculs. Cette chaleur est un déchet pour l'informatique, il est donc nécessaire de l'évacuer, ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur. Cette eau est ainsi chauffée.

La présente fiche définit la méthode de calcul de la consommation de la chaudière numérique de la société Qarnot computing en fonction des pertes du réseau de distribution intergroupe, permettant le maintien en température. Les caractéristiques principales d'un réseau sont ses pertes (en W/K), dont une partie seulement est récupérable par un groupe), sa température et les consommations de ses auxiliaires.

16.15.4.1. Nomenclature

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de réchauffeur de boucle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C

	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
ET	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m²
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C
	$\theta_{b4}^{centr}(h-1)$	Température de la zone supérieure du ballon centralisé au début du pas de temps (pour les PCAD)	°C
	$i_{ecs}^{ds-e}(j)$	Indicateur qui précise, pour chaque distribution du groupe, si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$L_{vc_prim_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
$Rdim$	Nombre de générateurs identiques	Ent	1	$+\infty$	-
$L_{hvc_prim_bcl-e}$	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	$+\infty$	-
$Isrechauf_bcl-e$	Présence d'un réchauffeur de boucle (=0 pas de réchauffeur / =1 présence d'un réchauffeur). Uniquement pour les réseaux bouclés.	-	0	1	-
$Pnom_chaudière$	Puissance thermique nominale d'une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-
$Paux_chaudière$	Puissance électrique des auxiliaires dédiés à une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-
ϑ_{max_Pmax}	Température de la source aval maximale pour fournir $Pnom_chaudière$	kW	0	$+\infty$	-
ϑ_{max}	Température de la source aval maximale pour de fonctionnement de la chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-
ϑ_{max}	Coefficient directeur de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{max_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$	W.°C ⁻¹	$-\infty$	0	-
ϑ_{max}	Ordonnée à l'origine de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{max_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$	W	0	$+\infty$	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Type_{réseauintergroupe-e}$	Type du réseau de distribution intergroupe ECS (=0 si pas de réseau intergroupe / =1 si bouclé / =2 si tracé)	-	1	1	1
$Type_{gest_circ-e}$	Type de gestion des circulateurs du réseau de distribution intergroupe d'ECS (=0 si pas de gestion / =1 si arrêt des circulateurs en vacances)	-	0	1	-
P_{circ-e}	Puissance des circulateurs du réseau intergroupe bouclé d'ECS	W	0	$+\infty$	-
Q_{rest}	Energie restante nécessaire pour compenser les pertes du réseau (énergie envoyée au générateur ECS)	Wh	0	$+\infty$	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{w_prim-e}(h)$	Besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe	Wh
θ_{moy_prim-e}	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
$W_{aux_prim-e}^{dp-e}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale	Wh
$W_{aux_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, répartie au niveau du groupe	Wh
$W_{rechauf_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
$\Phi_{aux_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh
$\Phi_{pertes_vc_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$\Phi_{pertes_hvc_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$id_{encl-e}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération	entier
$Rat_{besoins_prim-e}^g(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces_prim-e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe relié à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess-e}	Surface totale des émetteurs desservis par cette distribution intergroupe	m ²

Variables internes

Nom	Description	Unité
-----	-------------	-------

$\theta_{\text{départ_prim-e}}$	Température de la boucle départ du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
$\theta_{\text{retour_prim-e}}$	Température de la boucle retour du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
$L_{\text{vc_prim-e}}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe en volume chauffé	m
$L_{\text{hvc_prim-e}}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe hors volume chauffé	m
$W_{\text{circ_prim-e}}$	Consommation des circulateurs de la distribution intergroupe bouclée d'ECS	Wh
$W_{\text{trac_prim-e}}$	Consommation des traceurs de la distribution intergroupe tracée d'ECS	Wh
$ds-e$	Caractérise la distribution du groupe d'ECS	-
$dp-e$	Caractérise la distribution intergroupe d'ECS	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
θ_{amb}	Température de l'ambiante dans laquelle circule la partie en volume chauffé de la distribution intergroupe d'ECS	°C	20
$P_{\text{circ_vc-e}}$	Part de la puissance des auxiliaires de distribution intergroupe ECS transmise sous forme de chaleur, récupérable par l'ambiante	°C	0
$F_{\text{onction_prim}}$	Identificateur de la distribution : Chauffage (1), froid (2), ECS (3)	°C	3

Tableau 18 : Nomenclature du modèle de réchauffeur de boucle

16.15.4.2. Description mathématique de la chaudière numérique réchauffeur de boucle

16.15.4.2.1. Principes et définition

Un réseau intergroupe est obligatoirement relié, en aval, à au moins un réseau de distribution interne à un groupe et en amont à une seule génération (dans laquelle au moins un générateur produira de l'ECS).

Le réseau intergroupe d'ECS est maintenu en température afin de réduire le temps d'attente de l'eau chaude aux émetteurs. La consommation d'énergie supplémentaire engendrée par le maintien en température est autorisée par le fait que le confort de l'occupant est significativement amélioré. Le maintien en température du réseau est fait via la chaudière numérique.

16.15.4.2.2. Calcul de la quantité d'énergie fournie

La chaudière numérique réchauffeur de boucle compense les pertes du réseau de distribution intergroupe bouclé en fournissant de l'énergie thermique (en Wh) via un échangeur de chaleur. La consommation électrique du réchauffeur de boucle est considérée comme gratuite, sauf pour les systèmes auxiliaires.

L'énergie disponible de la chaudière numérique au réseau d'ECS est égale à :

Si $\theta_{\text{moy_prim-e}} \leq \theta_{\text{max_Pmax}}$:

La chaudière numérique peut fonctionner à sa puissance nominale. Le refroidissement des serveurs se fait de manière satisfaisante. C'est la plage de fonctionnement recommandée.

$$PPfou(h) = P_{nom_{chaudière}} * R_{dim} * 1000 [Wh] \quad (261)$$

Si $\theta_{max_Pmax} \leq \theta_{moy_prim-e} \leq \theta_{max}$:

L'eau en entrée de la chaudière modifie le comportement de la chaudière et limite la puissance thermique disponible en sortie. Les serveurs ne sont plus refroidis correctement, automatiquement les serveurs réduisent leur consommation et fonctionnent en mode dégradé pour protéger leur intégrité. Cette perte de puissance se modélise de la manière suivante :

$$Pfou(\theta_{moy_prim} - e) = \alpha Pfou_{QB-1} * \theta_{moy_prim-e} + \beta Pfou_{QB-1} [Wh] \quad (262)$$

Si $\theta_{moy_prim-e} \geq \theta_{max}$:

Pour une température θ_{aval} supérieure θ_{max} l'eau en entrée de la chaudière n'est plus capable de refroidir correctement les serveurs informatiques, dès lors les mécanismes d'autoprotection des processeurs arrêtent les serveurs, les alimentations sont également éteintes. La fonction de chauffage de l'eau est par conséquent également arrêtée.

$$Pfou(h) = 0 [Wh] \quad (263)$$

Si la puissance du réchauffeur de boucle est insuffisante ($Pfou(h)$), la puissance restante (Q_{rest}) est renvoyée sur la génération ECS.

$$Q_{rest}(h) = MAX(0; Q_{req}(h) - Pfou(h)) \quad (264)$$

La formule pour le calcul des besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe prend donc la forme :

$$Q_{w_{prim-e}}(h) = Q_{rest} + \sum_{ds-e} (Q^{ds-e}_{2nd-e}(h)) \quad (265)$$

La consommation des auxiliaires du système sont attribués à la consommation électrique du réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale.

$$W_{rechauf_{prim-e}}(h) = P_{aux_chaudière}(h) \quad (266)$$

16.16 C_GEN_Appoint thermodynamique (ECS et double service)

16.16.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système dit « appoint thermodynamique ». Il vise les générateurs thermodynamiques à compression électrique utilisés en tant qu'appoint de système de production ECS à accumulation.

Un appoint thermodynamique est une pompe à chaleur à compression électrique utilisée en tant que générateur d'appoint d'un système de production d'ECS à accumulation au sens de la RT2012 et de la méthode Th-BCE 2012. Cette pompe à chaleur peut également servir de générateur de chauffage, on parle alors d'appoint thermodynamique double service.

Les appoints thermodynamiques sont en général utilisés en association avec une base de type boucle solaire (chauffe-eau thermodynamique avec raccordement solaire, chauffe-eau solaire avec appoint thermodynamique...). L'appoint thermodynamique peut néanmoins aussi être utilisé avec tout autre type de générateur de base (à combustion, réseau de chaleur...).

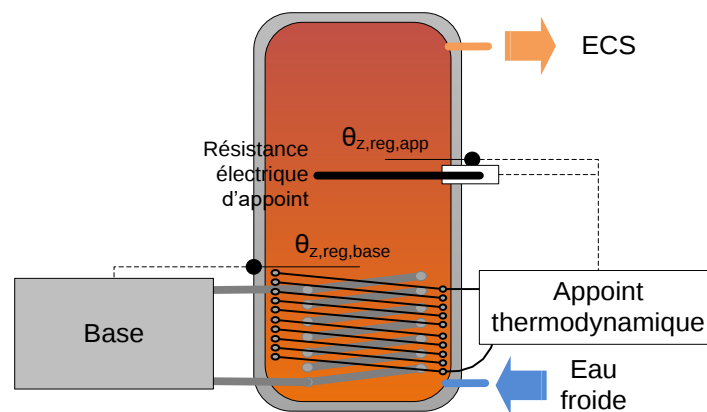


Figure 4: représentation d'un assemblage de production ECS accumulée à deux appoints (thermodynamique et résistance électrique)

L'ensemble peut être complété par un troisième générateur de type résistance électrique, situé en partie haute du ballon de stockage et visant essentiellement à prendre le relai lors des périodes d'arrêt du générateur de base et de la pompe à chaleur.

En ce qui concerne la fonction ECS, l'appoint thermodynamique est régulé par rapport à un ou plusieurs points de températures à l'intérieur du ballon de stockage.

Il existe plusieurs solutions de raccordements possibles entre l'appoint thermodynamique et le ballon de stockage :

- condenseur en serpentin directement positionné à l'intérieur du ballon,
- condenseur externe au ballon et échangeur à eau de type serpentin directement positionné à l'intérieur du ballon,
- échangeur externe au ballon.

16.16.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode est applicable à tout système correspondant à la description ci-dessus, pour tout type de bâtiments, quelles que soient la zone climatique et l'altitude du projet.

Les types d'appoints thermodynamiques « ECS seule » pris en compte sont ceux définis dans la méthode Th-BCE 2020, §8.23, c'est-à-dire :

- air extérieur/eau,
- air extrait/eau,
- air ambiant/eau,
- eau glycolée/eau,
- eau (de nappe)/eau,
- sol/eau.

Les types d'appoints thermodynamiques double service pris en compte sont ceux définis dans la méthode Th-BCE 2020, §8.23, c'est-à-dire :

- air extérieur/eau,
- eau glycolée/eau,
- eau (de nappe)/eau,
- sol/eau.

16.16.3 NOMENCLATURE

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

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
$h_{\text{leg}}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h
Général S. Amont	θ_{amont} Température de la source amont (air extérieur, eau de nappe, eau glycolée).	$^{\circ}\text{C}$
	θ_{aval} Température de la source aval (eau du circuit de chauffage, du ballon d'eau chaude)	$^{\circ}\text{C}$

Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W			
R_{puis_dispo}	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel			
i_{ECS_seule}	Indicateur de production ECS seule.	Bool			
$P_{fou_source_amont_maxi}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc})	W			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS seule : 4 : Chauffage et ECS	Ent	3	4	
Is_RE	Présence et type de gestion de la résistance électrique d'appoint (3 ^{ème} générateur) : Absence de résistance électrique d'appoint : 0 Appoint électrique activé jour et nuit : 1 Appoint électrique activé de nuit seulement : 2	Ent	0	2	
P_{nom_RE}	Puissance thermique nominale de la résistance électrique d'appoint	W	0	+∞	
f_{aux_RE}	Fraction volumique du ballon couverte par la résistance électrique	Réel	0	1	
f_{aux}	Fraction volumique du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Rat_f_{aux}	Ratio de la fraction du ballon couverte par la résistance électrique sur la fraction du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Cat	Catégorie de générateur : 503 : pompe à chaleur à compression électrique (simple service) 1001: pompe à chaleur à compression électrique double service en fonctionnement alterné	Ent			1001
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : 1 : eau, 2 : air, 3 : sol	Ent	1	3	3

Technologie de la PAC :					
1 : PAC air extérieur/ eau					
2 : PAC eau de nappe / eau					
3 : PAC eau glycolée / eau					
Sys_thermo	4: PAC sol/ eau	Ent	1	6	
5 : PAC air extrait / eau (ECS seule uniquement)					
6 : PAC air ambiant / eau (ECS seule uniquement)					
$\{\theta_{aval}(i)\}_{ch}$	Liste des températures aval principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	Voir selon technologie
$\{\theta_{aval}(i)\}_{ecs}$					
$\{\theta_{amont}(j)\}_{ch}$	Liste des températures amont principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	
$\{\theta_{amont}(j)\}_{ecs}$					
$N_{\theta_{aval_ch}}$	Nombre de températures aval principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
$N_{\theta_{aval_ecs}}$					
$N_{\theta_{amont_ch}}$	Nombre de températures amont principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
$N_{\theta_{amont_ecs}}$					
Statut_données_P	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS :				
C_ch	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées	Ent	1	-	
Statut_données_P	2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée				
C_ECS					

Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des statuts de données en chauffage : 1 : valeurs certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en chauffage	{-}	0	+□	
$\{\text{Pabs}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en chauffage	{kW}	0	+□	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage

StatutCOP_pivot_ch	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en chauffage : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
COP_pivot_ch	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	-	0	+□	-
Pabs_pivot_ch	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	kW	0	+□	-

Saisie des performances certifiées ou justifiées en production ECS

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en production ECS : 1 : valeurs certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
-----------------------------------	--	-------	---	---	--

$\{COP(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en production ECS	{-}	0	+	□
$\{P_{abs}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en production ECS	{kW}	0	+	□
Saisie des performances déclarées ou par défaut en production ECS					
StatutCOP _{pivot_} ecs	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en production ECS : 1 : <i>valeurs déclarées</i> 2 : <i>valeur par défaut</i>	Ent	1	2	-
COP _{pivot_} ecs	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	-	0	+	□ -
P _{abs_pivot_} ecs	Valeur pivot déclarée de puissance absorbée lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	kW	0	+	□ -
Limites de fonctionnement de la machine en mode chauffage/en mode production ECS					
Lim_θ_ch Lim_θ_	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	-
θ _{max_} av_ch θ _{max_} av_	Température maximale aval en mode chauffage ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	-
θ _{min_} am_ch θ _{min_} am_	Température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	-50	100	-
Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule) ou en chauffage (double service)					
Statut_fonct_p art	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : <i>par défaut</i> 1 : <i>déclarée</i>	Ent	0	1	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : <i>Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt</i> 2 : <i>Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur</i>	Ent	1	2	
Statut_fonct_contin u	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« <i>contmin</i> ») : 2 : <i>par défaut</i> 1 : <i>justifié</i> 0 : <i>certifié</i>	Ent	0	2	
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	

D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5	
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60		
Puissance d'auxiliaires de la machine						
Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : <i>0 : par défaut</i> <i>1 : déclarée</i>	Ent	0	1		
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1		
Préprocesseur : composition des matrices de performance						
$\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	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				
$\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_i en fonction de Pabs à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel				Voir selon technologie
$\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température aval θ_i en fonction du COP ou EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel				
$\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température amont θ_i en fonction du COP ou EER à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel				
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	.
Typo_emetteur_ch	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage : <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				
$Q_{fou,ch}$ $Q_{fou,ecs}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh				
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh				

$Q_{rest,ch}$ $Q_{rest,ecs}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présentée sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh
$\eta_{eff,ch}$ $\eta_{eff,ecs}$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$T_{charge,ch}$ $T_{charge,ecs}$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel
$\Phi_{rejet,ch}$ $\Phi_{rejet,ecs}$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh
P_{abs_pc}	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel
Variables internes		
Nom	Description	Unité
$\{COP_{util(i,j)}\}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données	{-}
LR_{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
COP_{pc} COP_{LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-
COP_{pc_net} $COP_{LRcontmin}$ t COP_{LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-
P_{fou_pc} $P_{fou_LRcontmint}$ P_{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
P_{abs_pc} P_{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
P_{comp_PC} $P_{comp_LRcontmint}$ P_{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W
$P_{fou_pc_brut}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W

$P_{aux_commune}$	Puissance d'auxiliaires déterminée sur la base du Taux_ch et de la puissance absorbée nominale en chauffage.	W
$W_{aux,0}$	Puissance effective appelée par les auxiliaires à charge nulle	W
P_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
$Ccp_{LRcontmin_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-
Q_{reqact}	Quantité d'énergie requise ramenée à un seul générateur sur les $Rdim$ générateurs identiques	W
$Q_{restact}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, pour un seul générateur sur les $Rdim$ générateurs identiques	Wh
Q_{req_RE}	Quantité d'énergie à fournir par la résistance électrique d'appoint	Wh
Q_{fou_RE}	Quantité d'énergie fournie par la résistance électrique d'appoint	Wh
Q_{cons_RE}	Quantité d'énergie consommée par la résistance électrique d'appoint	Wh

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv
$COP_{util_max_ch}$ $COP_{util_max_ecs}$	Valeurs maximales de COP pivot pour les PAC en statut déclaré. Intervient aussi pour la valeur par défaut.	Voir technologie.	selon

Tableau 19 : Nomenclature des différentes variables du modèle d'appoint

16.16.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.16.4.1 Description des performances de la PAC à pleine charge

Pour les différentes technologies concernées, la description des données à pleine charge (COP et P_{abs}) est la même que celle déjà à l'œuvre pour les pompes à chaleur ECS seule ou double service (méthode Th-BCE §8.23). Les formats des données d'entrée (matrices) restent les mêmes.

Ci-dessous figure un rappel des différentes possibilités de saisies prévues dans le chapitre « 8.23 *C_Gen_Thermodynamique électrique* » de la méthode Th-BCE.

La ou les puissances absorbées à pleine charge ont toujours le statut de valeur déclarée ; aucune correction liée au statut de données n'est appliquée à ce niveau. A minima, une valeur de puissance absorbée doit être saisie pour chaque valeur de COP saisies.

Pour les coefficients de performances (COP) saisis par l'utilisateur, les différents statuts de données associées sont les suivants :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes de caractérisation.

Aucune correction du ou des COP saisis n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes de caractérisation.

Une réduction de 10% du ou des COP saisis est appliquée.

- **déclarée** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% de la valeur pivot saisi est appliquée. La valeur pivot est de plus plafonnée à une valeur utile maximale, définie selon la technologie.

- **par défaut** : aucune information disponible.

La valeur pivot est imposée. Elle est prise égale à la valeur utile maximale de la technologie réduite de 20%.

Pour résumer, les COP_{util} employés dans le calcul sont les suivants :

StatutCOP	Correction
Certifié(s)	$COP_{util}(i;j) = COP(i;j)$
Justifié(s)	$COP_{util}(i;j) = 0,9 \times COP(i;j)$
Déclaré (pivot seulement)	$COP_{pivot_util} = \text{MIN} [0,8 \times COP_{pivot}; COP_{utilmax}]$
Par défaut (pivot seulement)	$COP_{pivot_util} = 0,8 \times COP_{utilmax}$

16.16.4.1.1. PAC air extérieur/eau (Sys_thermo = 1)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de COP_{util_max_ch} et COP_{util_max_ecs} des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement)** : voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.1 Pac air/eau ».
- **Production ECS** : voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.1 Pac air extérieur/eau ».
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max »** :

$$\begin{aligned} COP_{util_max_ch} &= 3,5 \\ COP_{util_max_ECS} &= 2,7 \end{aligned} \quad (267)$$

16.16.4.1.2. PAC eau de nappe/eau (Sys_thermo = 2)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $COP_{util_max_ch}$ et $COP_{util_max_ecs}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.4 Pac eau de nappe/eau ».
- **Production ECS :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.4 Pac eau de nappe/eau »
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} COP_{util_max_ch} &= 4,7 \\ COP_{util_max_ECS} &= 3,7 \end{aligned} \quad (268)$$

16.16.4.1.3. PAC eau glycolée/eau (Sys_thermo = 3)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $COP_{util_max_ch}$ et $COP_{util_max_ecs}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.5 PAC eau glycolée/eau ».
- **Production ECS :** voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.6 Pac eau glycolée/eau »
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} COP_{util_max_ch} &= 3,7 \\ COP_{util_max_ECS} &= 3,7 \end{aligned} \quad (269)$$

16.16.4.1.4. PAC sol/eau (Sys_thermo = 4)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $COP_{util_max_ch}$ et $COP_{util_max_ecs}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage (dans le cas double service seulement) :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.3.8 Pac sol/eau en mode chauffage »
- **Production ECS :** Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.5 Pac sol/eau en mode ECS »
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} COP_{util_max_ch} &= 3,8 \\ COP_{util_max_ECS} &= 3,0 \end{aligned} \quad (270)$$

16.16.4.1.5. PAC air extrait/eau en ECS seule (Sys_thermo = 5)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par

défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $COP_{util_max_ch}$ et $COP_{util_max_ecs}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Production ECS seulement** : Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.2 Pac air extrait/eau ».
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max »** :

$$COP_{util_max_ECS} = 3,2 \quad (271)$$

16.16.4.1.6. PAC air ambiant/eau en ECS seule (Sys_thermo = 6)

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $COP_{util_max_ch}$ et $COP_{util_max_ecs}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Production ECS seulement** : Voir méthode Th-BCE, paragraphe « 8.23.3.4.3 Pac air ambiant/eau ».
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max »** :

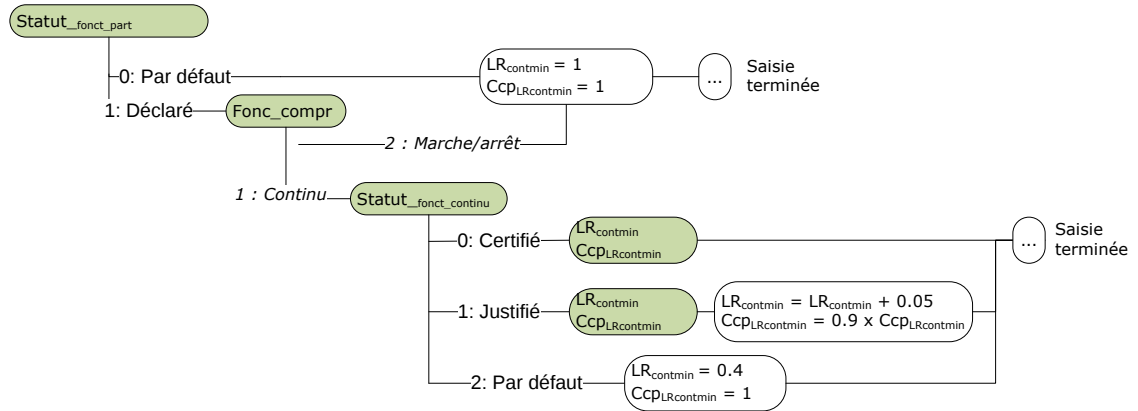
$$COP_{util_max_ECS} = 3,1 \quad (272)$$

16.16.4.2. Description des performances de la PAC à charge partielle

La description et l'algorithme de prise en compte de la charge sont identiques à ceux proposées dans la méthode Th-BCE « §8.23.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle ».

En ce qui concerne la saisie des paramètres associées, une vue d'ensemble est proposée ci-dessous :

Description du fonctionnement à charge partielle



Durée équivalente liée aux irréversibilités



Durée de fonctionnement à charge tendant vers une charge nulle

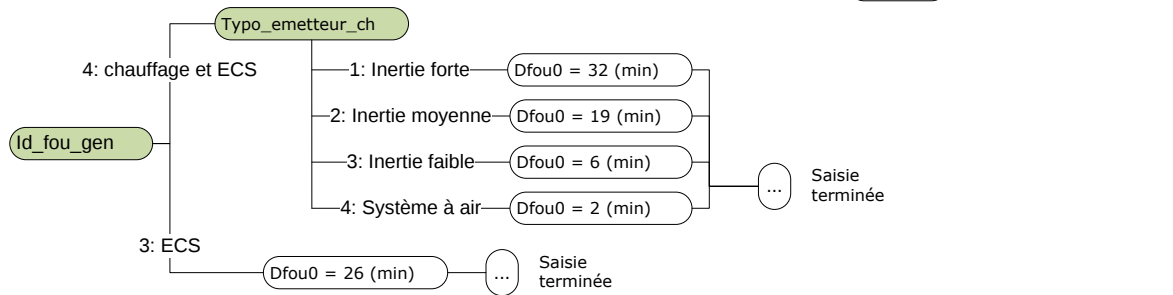


Figure 5: processus de paramétrage du fonctionnement à charge partielle ou nulle

En ce qui concerne la saisie du Taux :

Puissance absorbée à charge nulle

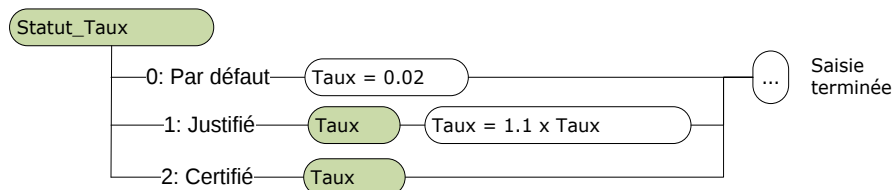


Figure 6: processus de paramétrage de la puissance absorbée à charge nulle (ECS ou chauffage)

Le Taux permet de calculer en début de simulation la puissance absorbée à charge nulle de la PAC à partir de la puissance absorbée à pleine charge. En double service, $P_{abs_pivot_ch}$ est utilisée comme référence commune pour les deux services :

$$\text{Cas ECS seule (id}_{fougen} = 3) : W_{aux,0} = Taux * P_{abs_pivot_ecs} \text{ (W)} \quad (273)$$

$$\text{Cas double service (id}_{fougen} = 4) : W_{aux,0} = Taux * P_{abs_pivot_ch} \text{ (W)} \quad (274)$$

Pour les paramètres Taux, LR_{contin} et $CcpLR_{\text{contin}}$:

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation.
- **justifiée** : la valeur est justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation.
- **Par défaut** : la valeur n'est ni justifiée ni certifiée.

16.16.4.3. *Algorithme horaire de prise en compte*

16.16.4.3.1. Prise en compte de la pompe à chaleur

La prise en compte est strictement identique à celle décrite dans la méthode Th-BCE, §8.23.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle, pour les pompes à chaleur ECS seule.

Quelques rappels sur les hypothèses retenues :

- Le fonctionnement en mode ECS est prioritaire sur le fonctionnement en mode chauffage. Tant que le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas couvert entièrement, le générateur ne fournit pas d'énergie en chauffage.
- Au pas de temps où le besoin en chauffage est nul, notamment hors saison de chauffage, le basculement en mode chauffage n'a pas lieu. Le comportement de la machine est alors modélisé uniquement par l'algorithme en mode ECS.
- La méthode Th-BCE («8.17 C_Gen_Gestion/régulation de la génération») prévoit un double appel séquentiel des PAC DS : on décrit dans un premier temps complètement le fonctionnement en ECS du générateur, puis son fonctionnement en chauffage lors d'un second appel.
- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est à rapprocher de celui du chapitre « 8.23.3.4 *Création des matrices de performance à pleine charge en mode production ECS* ». Comme la machine fonctionne à pleine charge pour répondre au besoin ECS, la modélisation ne fait pas intervenir le paragraphe sur le fonctionnement à charge partielle ou nulle de la méthode Th-BCE.
- **Sous-algorithme du mode chauffage** : le processus est à rapprocher de celui des chapitres « 8.23.3.3 *Création des matrices de performance à pleine charge en mode chauffage* » et « 8.23.3.6 *Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle* » du chapitre « 8.23 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE. Dans la mesure où le fonctionnement en chauffage peut intervenir après un fonctionnement en production ECS, on introduit à la manière des chaudières double service un coefficient $R_{\text{puis_dispo}}$. Il permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS.

16.16.4.3.2. Prise en compte de la résistance électrique d'appoint

La définition de la présence ou non de cette résistance électrique, ainsi que de son type de gestion, passe par le paramètre Is_RE :

- **Cas $Is_RE = 0$) Absence de résistance électrique d'appoint** : la résistance électrique d'appoint n'est pas prise en compte.
- **Cas $Is_RE = 1$) Appoint électrique activé jour et nuit** : la résistance électrique d'appoint peut réchauffer le ballon quelle que soit l'heure légale h_{leg} .
- **Cas $Is_RE = 2$) Appoint électrique activé de nuit seulement** : la résistance électrique d'appoint ne peut réchauffer le ballon qu'en période nuit au sens de la méthode Th-BCE, soit pour : $h_{leg}(h) > 23h$ et $h_{leg}(h) < 5h$.

Lorsque le critère d'activation ci-dessus est vérifié, on fait l'hypothèse que la résistance électrique intervient pour couvrir le besoin d'énergie restant qui n'a pas pu être assuré par l'appoint thermodynamique (Q_{rest}).

On partira du principe que les deux appoints (thermodynamique et résistance électrique) sont systématiquement pilotés en fonction de la même sonde de température. Néanmoins, dans certaines configurations, il convient d'intégrer une correction liée au fait que la résistance électrique ne réchauffe que la partie haute du ballon (fraction volumique f_{aux_RE}), alors que l'appoint thermodynamique peut potentiellement réchauffer une grande fraction, voire l'intégralité du ballon (fraction volumique f_{aux} définie au niveau du ballon de stockage).

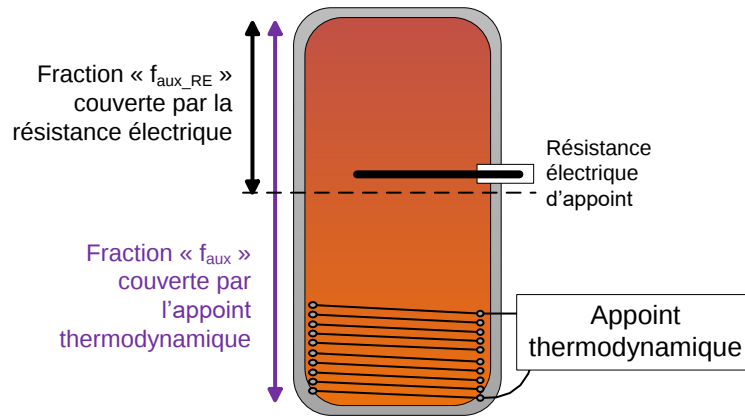


Figure 7: fractions volumiques du ballon couverte par l'appoint thermodynamique et la résistance électrique

On applique une correction consistant à multiplier le besoin d'énergie restant à couvrir par le ratio de f_{aux_RE} sur f_{aux} , noté Rat_f_{aux} .

Ainsi :

$$Q_{req_RE} = Rat_f_{aux} \times Q_{rest} \quad (275)$$

On en déduit la quantité d'énergie fournie et consommée par la résistance électrique d'appoint :

$$Q_{fou_RE} = MIN(Q_{req_RE} ; P_{nom_RE}) \quad (276)$$

$$Q_{cons_RE} = Q_{fou_RE} \quad (277)$$

$Q_{\text{fou_Re}}$ est ajoutée à la quantité d'énergie fournie par l'appoint thermodynamique Q_{fou} . Elle est également déduite de la sortie Q_{rest} du générateur appoint thermodynamique.

$Q_{\text{cons_RE}}$ est ajoutée à la quantité d'énergie consommée par l'appoint thermodynamique Q_{cons} , ainsi qu'à la consommation en énergie finale du générateur $Q_{\text{ceff(ECS ; électricité)}}$.

16.17 C_MTA_AUER_LOGIX

16.17.1 DEFINITION DU SYSTEME

Le système « LOGIX » est un système de production de chauffage et d'ECS destiné aux logements collectifs. Il comporte :

- Une production de chaleur centralisée (chaufferie collective)
- Un réseau de distribution « mixte » distribuant l'eau chaude à des sous-stations
- Des sous-stations (ou modules d'appareillement) comprenant :
 - o Un raccordement au réseau « mixte » (le collecteur de raccordement peut être commun à plusieurs sous-stations)
 - o Un ballon d'ECS individuel de 80 litres ou 120 litres
 - o Un circulateur de chauffage basse consommation
 - o Une régulation dédiée

Le réseau de distribution est dit « mixte » car il distribue la chaleur à différents niveaux de température en fonction du besoin à couvrir : ECS ou chauffage.

- L'ECS est toujours prioritaire sur le chauffage et est réalisée par des « créneaux de charge », gérés par une temporisation. Ainsi on compte au moins un créneau de charge d'une heure chacun par jour afin de recharger les ballons de stockages (le nombre de créneaux est issu d'un calcul de dimensionnement). Les niveaux de température sont compris pour ces trains de chaleur entre 70 et 90°C au départ. Pendant un train de chaleur, et même si les ballons sont rechargés (température de consigne atteinte), il est impossible de passer en mode chauffage et donc de chauffer les logements.
- Le chauffage est ensuite réalisé de manière classique avec une loi d'eau sur le générateur en chaufferie. Comme dit ci-dessus, sur le pas de temps horaire des trains de chaleur, le chauffage ne peut être assuré et la couverture des besoins de chauffage est reportée à l'heure suivante.
- En fonction de la température du réseau de distribution, les sous-stations basculent entre le mode « chauffage » ou le mode « ECS »

16.17.2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente méthode s'applique pour le logement collectif. Le système est obligatoirement composé des éléments suivants :

- Un réseau intergroupe mixte,
- Des collecteurs « MTHL » (qui peuvent être commun à plusieurs appartements),
- 1 module d'appartement pour chaque appareillement intégrant (sous-station « LOGIX ») : un ballon d'ECS de 80L ou 120L situé en volume chauffé avec son module hydraulique branché sur le MTHL situé en gaine palière, son circulateur basse consommation et sa régulation,
- Un générateur collectif double service assurant le chauffage et l'ECS.

La régulation de la distribution de la chaleur est la suivante :

- Le chauffage est fait à débit variable avec une loi d'eau sur la génération collective (température de départ fonction de la température extérieure ou température de départ constante),
- La production d'ECS est faite par trains de chaleur à débit constant et température de départ constante.

16.17.3 METHODE DE PRISE EN COMPTE DU SYSTEME

Un prétraitement de données à saisir dans le moteur de calcul pour le réseau intergroupe et les ballons de stockage est réalisé.

Pour l'application de la présente méthode, les données générales suivantes sont nécessaires :

Donnée physique	Nom variable	Unité	Valeurs possibles
Zone climatique	-	-	H1a à H3
Gestion de la température d'émission	-	-	Température de départ constante Température de départ fonction de la température extérieure
Température de départ nominale du réseau intergroupe mixte en mode chauffage	T_dep_CH_nom	°C	
Chute de température nominale du réseau intergroupe mixte en mode chauffage	Chute_CH_nom	°C	
Nombre de mois de chauffage	-	-	

Pour l'application de la présente méthode, le réseau intergroupe réel avec les sous stations « Logix » doit être caractérisé par les données suivantes :

Donnée physique	Nom variable	Unité
Longueur du réseau collectif en volume chauffé avec LOGIX	L_vc_LOGIX	m

Longueur du réseau collectif hors volume chauffé avec LOGIX	L_hvc_LOGIX	m
Niveau d'isolation du réseau collectif en volume chauffé	U_vc_LOGIX	W/m.K
Niveau d'isolation du réseau collectif hors volume chauffé	U_hvc_LOGIX	W/m.K
Diamètre moyen du réseau de distribution collectif avec LOGIX	Diam_moyen_LOGIX = D	m
Puissance nominale du circulateur en chauffage	Pcirc_LOGIX	W
Puissance nominale du circulateur en charge ECS	Pcirc_ECS_LOGIX	W
Type de gestion du circulateur en mode chauffage	Type_gest_circ_CH_LOGIX	-
Nombre de sous stations LOGIX raccordées	Nb_LOGIX	-
Nombre de créneaux de charge ECS	Nb_charges	-
Température de départ nominale du train de chaleur ECS	T_depLOGIX	°C
Température de retour moyenne du train de chaleur ECS	T_retLOGIX	°C

Remarque : les longueurs L_vc_LOGIX et L_hvc_LOGIX prennent en compte à la fois le réseau de distribution allant de la chaufferie au module MTHL, et le réseau allant du MTHL aux différents « Logix ».

Les ballons des sous stations « Logix » sont des ballons sans appoint définis par les données suivantes :

Donnée physique	Nom variable	Unité
Volume	V_LOGIX	l
Coefficient de pertes UA	UA_LOGIX	W/K
Température maximale du ballon	Theta_max_LOGIX	°C

Hystérésis du thermostat du ballon	Hysteresis_LOGIX	K
Hauteur relative de l'échangeur de base à partir du fond de la cuve	H_ech_LOGIX	-
Numéro de la zone contenant le système de régulation de base	Zone_regul_LOGIX	-

La génération est saisie de la manière suivante :

- une génération chauffage, située hors volume chauffé, avec la description du générateur sans mettre de stockage.
- une génération ECS, située en volume chauffé, avec le ballon équivalent décrit comme ci-dessus, et le générateur saisi comme ne faisant que de l'ECS, avec ses pertes à l'arrêt et la puissance de ses auxiliaires nulles.

Les réseaux intergroupes reliés aux générations auront les caractéristiques suivantes :

- réseau intergroupe de la génération chauffage : un réseau chauffage comme décrit ci-dessous, le réseau ECS est saisi inexistant,
- réseau intergroupe de la génération ECS : un réseau ECS comme décrit ci-dessous, le réseau chauffage est saisi inexistant.

La saisie des groupes est faite conformément à la méthode Th-BCE.

Le circulateur basse consommation des « Logix » est à saisir dans les émissions des groupes.

16.17.3.1. Définition du réseau intergroupe équivalent

Lorsqu'il n'y a ni besoins de chauffage à couvrir, ni créneau de charge ECS, le réseau alimentant les sous stations n'est pas maintenu en température. Le nombre de créneau de charge ECS est fixé par la méthodologie suivante :

$$Nb_{charges} = Nb_{traindechaleur} = \text{Ent} \left(\frac{V_{puisé}}{V_{stockage}} \right) + 1 \quad (278)$$

Avec :

- Volume puisé journalier défini par : $V_{puisé} = \frac{a \times Nu}{7} \times \frac{(40 - \theta_{cw})}{(55 - \theta_{cw})}$
- θ_{cw} : température de l'eau froide (cf. Tableau ci-dessous, suivant méthode Th-BCE 2020)

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
θ_{cw}	12,4	12,0	12,8	13,4	13,3	15,1	15,8	16,8

- a : nombre de litres d'eau hebdomadaires = $a^{gr,em-e}$ (suivant § 9.6.3 de la méthode Th-BCE 2020, en usage logements collectifs)
- Nu : nombre d'unités caractéristiques = $Nu^{gr,em-e}$ (suivant § 9.6.3 de la méthode Th-BCE 2020, en usage logements collectifs)

Le fonctionnement en mode chauffage est modélisé dans l'intergroupe chauffage de la méthode Th-BCE avec les données suivantes :

Paramètre à saisir dans Th-BCE	Valeur prise par le paramètre
L_vc_Prim	L_vc_LOGIX
L_hvc_Prim	L_hvc_LOGIX
U_vc_Prim	U_vc_LOGIX
U_hvc_Prim	U_hvc_LOGIX
Pcirc_Prim_CH	Pcirc_LOGIX
Type_gest_circ	Type_gest_circ_CH_LOGIX

Pour l'intergroupe ECS, les données d'entrée de Th-BCE prennent donc les valeurs suivantes :

Paramètre à saisir dans Th-BCE	Valeur prise par le paramètre
L_vc_Prim_bcl_e	cf. ci-dessous
L_hvc_Prim_bcl_e	cf. ci-dessous
U_vc_Prim_bcl_e	U_vc_LOGIX
U_hvc_Prim_bcl_e	U_hvc_LOGIX
Pcirc_Prim_bcl_e	Pcirc_ECS_LOGIX x Nb_charges/24
Type_gest_circ_bcl_e	Vitesse constante

On détermine L_vc_Prim_bcl_e et L_hvc_Prim_bcl_e à partir des formules ci-dessous :

$$L_{vc_Prim_bcl_e} = \frac{(Phi_{ligne_VC_CH} + Phi_{ligne_VC_HCH} + Phi_{montée_temp_VC_CH} + Phi_{montée_temp_VC_HC})}{U_{vc_LOGIX} \times (55 - 20) \times 8760} \quad (279)$$

$$L_{hvc_Prim_bcl_e} = \frac{(Phi_{ligne_HVC_CH} + Phi_{ligne_HVC_HCH} + Phi_{montée_temp_HVC_CH} + Phi_{montée_temp_H})}{U_{hvc_LOGIX} \times (55 - 10) \times 8760} \quad (280)$$

Avec :

- $Phi_{ligne_VC_CH}$: pertes en ligne en volume chauffé sur la période de chauffage

$$Phi_{ligne_VC_CH} = \left(L_{vc_LOGIX} \times U_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{vc_LOGIX} \times U_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times Nb_{charges} \quad (281)$$

- $Phi_{ligne_VC_HCH}$: pertes en ligne en volume chauffé hors période de chauffage

$$Phi_{ligne_VC_HCH} = Phi_{ligne_VC_CH} \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \quad (282)$$

- $Phi_{ligne_HVC_CH}$: pertes en ligne hors volume chauffé sur la période de chauffage

$$Phi_{ligne_HVC_CH} = \left(L_{hvc_LOGIX} \times U_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{depLOGIX} - 10) + L_{vc_LOGIX} \times U_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times (T_{retLOGIX} - 10) \right) \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times Nb_{charges} \quad (283)$$

- $Phi_{ligne_HVC_HCH}$: pertes en ligne en volume chauffé hors période de chauffage

$$Phi_{ligne_HVC_HCH} = Phi_{ligne_VC_CH} \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \quad (284)$$

- $Phi_{montée_temp_VC_CH}$: pertes de montée en température en volume chauffé en période de chauffage

$\Phi_{montée_temp_VC_CH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \right. \\
 &\quad \left. \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times 0,5 \\
 &\quad + \left(L_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - T_{depCHmoy}) + L_{vc_LOGIX} \times 0,5 \right. \\
 &\quad \left. \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - T_{retCHmoy}) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \\
 &\quad \times 0,5
 \end{aligned} \tag{285}$$

- $\Phi_{montée_temp_VC_HCH}$: pertes de montée en température en volume chauffé et hors période de chauffage

$\Phi_{montée_temp_VC_HCH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) \right. \\
 &\quad \left. + L_{vc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \\
 &\quad \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000}
 \end{aligned} \tag{286}$$

- $\Phi_{montée_temp_HVC_CH}$: pertes de montée en température hors volume chauffé en période de chauffage

$\Phi_{montée_temp_HVC_CH}$

$$\begin{aligned}
 &= \left(L_{hvc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{hvc_LOGIX} \times 0,5 \right. \\
 &\quad \left. \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000} \times 0,5 \\
 &\quad + \left(L_{hvc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - T_{depCHmoy}) + L_{hvc_LOGIX} \right. \\
 &\quad \left. \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - T_{retCHmoy}) \right) \times Nb_{charges} \times \frac{Nb_{moisCH}}{12} \\
 &\quad \times \frac{365}{1000} \times 0,5
 \end{aligned} \tag{287}$$

- $\Phi_{montée_temp_HVC_HCH}$: pertes de montée en température hors volume chauffé et hors période de chauffage

$$\begin{aligned}
& \Phi_{montée_temp_HVC_HCH} \\
& = \left(L_{hvc_LOGIX} \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{depLOGIX} - 20) + L_{hvc_LOGIX} \right. \\
& \quad \times 0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1163 \times (T_{retLOGIX} - 20) \left. \right) \times Nb_{charges} \\
& \quad \times \frac{12 - Nb_{moisCH}}{12} \times \frac{365}{1000}
\end{aligned} \tag{288}$$

Les paramètres $T_{depCHmoy}$ et $T_{retCHmoy}$ et sont calculés par les formules suivantes au pas de temps horaire en fonction de la température extérieure :

$$T_{depCHmoy} = \frac{\sum_{h=1}^{8760} T_{depCH}(h)}{\sum_{h=1}^{8760} Id_{CH}(h)} \tag{289}$$

$$T_{retCHmoy} = \frac{\sum_{h=1}^{8760} T_{retCH}(h)}{\sum_{h=1}^{8760} Id_{CH}(h)} \tag{290}$$

Avec :

- Si $T_{ext} \leq 14^\circ C$
 - $Id_{CH}(h) = 1$
 - Si la température de départ est constante :
 - $T_{depCH}(h) = T_{dep_CH_nom}$
 - $T_{retCH}(h) = T_{dep_CH_nom} - Chute_{CH_nom}$
 - Si la température de départ est fonction de la température extérieure :
 - Si $T_{ext} < T_{ext_base}$: $T_{depCH}(h) = T_{dep_CH_nom}$
 - Si $T_{ext} > 15^\circ C$: $T_{depCH}(h) = 20^\circ C$
 - Si $T_{ext_base} \leq T_{ext} \leq 15^\circ C$:
$$T_{depCH}(h) = (T_{dep_CH_nom} - 20) / (T_{ext_base} - 15) \times (T_{ext} - 15) + 20$$
 - $T_{retCH}(h) = T_{dep_CH_nom} - Chute_{CH_nom}$
si $T_{retCH}(h) < 20^\circ C$ alors $T_{retCH}(h) = 20^\circ C$
- Si $T_{ext} > 14^\circ C$
 - $Id_{CH}(h) = 0$
 - $T_{depCH}(h) = 0$
 - $T_{retCH}(h) = 0$

La température de retour moyenne lors d'un train de chaleur ECS est de :

$$T_{retLOGIX} = \frac{20 \times (T_{depLOGIX} - 20) + 40 \times (T_{depLOGIX} - 5)}{60} \quad \begin{matrix} (291 \\) \end{matrix}$$

16.17.3.2. *Définition du ballon ECS équivalent*

Le ballon ECS équivalent rend compte des fonctionnements individuels des ballons des sous stations, ainsi que de leurs pertes thermiques.

Ainsi :

Paramètre à saisir dans Th-BCE	Valeur prise par le paramètre
V_ballon	Nb_LOGIX x V_LOGIX
UA_ballon	Nb_LOGIX x UA_LOGIX
Theta_max_ballon	Theta_max_LOGIX
Hysteresis_ballon	Hysteresis_LOGIX
H_ech_ballon	H_ech_LOGIX
Zone_regul_ballon	Zone_regul_LOGIX

16.18 **C_VEN_VMC_Thermodynamique_double_flux**

16.18.1 *INTRODUCTION*

Le présent chapitre propose une prise en compte directe dans le moteur de calcul RE2020 de certains des systèmes assurant à la fois la ventilation, le chauffage et éventuellement le refroidissement via un récupérateur actif de type pompe à chaleur air extrait/air neuf. Ces systèmes sont couramment appelés double-flux thermodynamiques.

La méthode s'applique aux bâtiments neufs à usage d'habitation maison individuelle ou accolée et logement collectif soumis à la RE2020.

Dans la suite du document, les systèmes double-flux thermodynamiques sont désignés par l'abréviation DFTh.

16.18.1.1. *Principe général*

Les systèmes DFTh sont constitués des éléments suivants :

- Des ventilateurs de soufflage et de reprise,
- Des gaines aérauliques, bouches de soufflage et reprise associées,
- Un récupérateur actif de type générateur thermodynamique à compression électrique air extrait/air neuf pour le chauffage des locaux, réversible ou non,

- Eventuellement un récupérateur passif (échangeur statique), muni ou non d'une fonction de by-pass,
- Eventuellement d'organes permettant le recyclage et/ou la variation de débits afin d'augmenter la puissance de chauffage par le vecteur air, Notre demande consiste à pouvoir cumuler les deux.
- Eventuellement une fonction de rafraîchissement nocturne par surventilation d'air frais extérieur.

Le présent chapitre vise la modélisation des configurations de DFTh alternant entre un mode ventilation seule, un mode chauffage, et éventuellement un mode refroidissement. Le basculement entre ces deux modes est basé à minima sur la température d'une pièce de vie du logement, dans le respect de l'exigence de ne pas couvrir plus de 100 m² de surface habitable (Art.29 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments).

Le présent chapitre traite à la fois des dispositifs dont la vitesse de ventilateurs en mode chauffage ou refroidissement est fixée à une valeur unique de consigne et les dispositifs dont la vitesse de ventilateurs en mode chauffage ou en mode refroidissement est variable ou à plusieurs niveaux. Cette vitesse doit être supérieure ou égale à celle du mode ventilation seule.

Dans ce cadre, on distingue quatre configurations A à D suivantes :

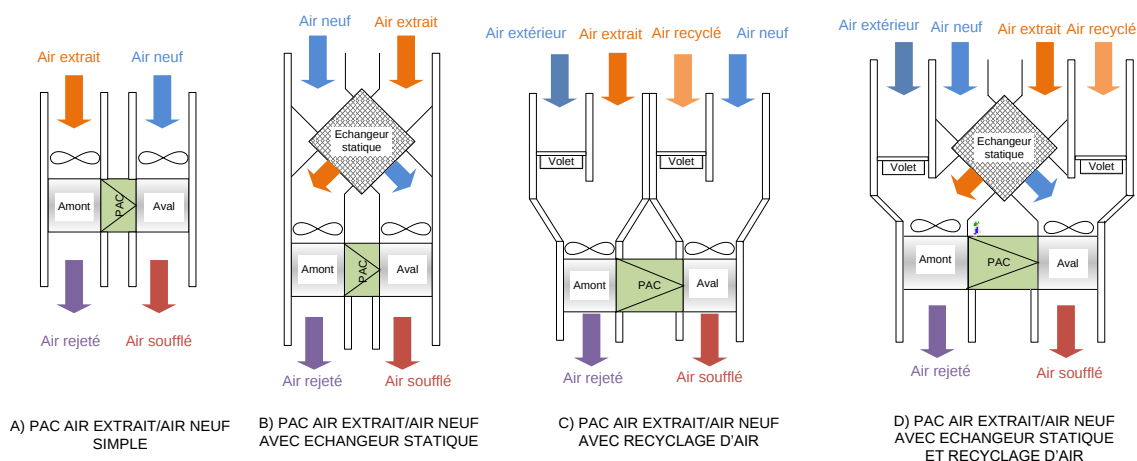


Figure 8: configurations de DFTh prises en compte

16.18.1.2. Normes et référentiels

La norme de référence pour la caractérisation des DFTh sont les suivantes :

Paramètre	Norme de référence
Puissances des ventilateurs	NF EN 13141-7 : Ventilation des bâtiments - Essais de performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie

Efficacité de l'échangeur statique	7 : essais de performance des centrales doubles flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécaniques prévus pour des logements individuels.
Performances de la pompe à chaleur air extrait/air neuf (« double-flux thermodynamique »)	

Tableau 20: normes de référence pour la prise en compte des DFTh

La norme **NF EN 13141-7** permet la caractérisation des performances de l'ensemble ventilateurs - récupérateur passif (échangeur statique, si présent) – récupérateur actif de type pompe à chaleur air extrait/air neuf (COP, puissances absorbées). Cette norme précise que les performances thermiques en présence d'une pompe à chaleur doivent être consignées conformément à la norme « EN 14511-4 - *Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération des locaux – Partie 4 : exigences* ».

16.18.2 CHAMP D'APPLICATION

L'application de la méthode est restreinte aux bâtiments ou parties de bâtiments à usages d'habitation maison individuelle ou accolée et logements collectifs, quel que soit leur zone climatique ou altitude.

Il ne concerne que les systèmes répondant à la description du chapitre précédent. A ce titre, il ne concerne que les DFTh employés en système de base de chauffage et éventuellement en système de base de refroidissement.

16.18.3 *PROCEDURE D'APPLICATION DE LA METHODE*

Le présent paragraphe a pour objectif d'expliquer la procédure à suivre pour saisir le système dans le calcul réglementaire. Pour décrire complètement le système DF Th, il est nécessaire de renseigner les composants suivants :

Bouches-conduits de ventilation

Le système DFTh inclut par définition au moins un composant bouches-conduits de soufflage et un composant bouches-conduits de reprise. Dans ces composants, on définit les débits volumiques de ventilation seule base et pointe, ainsi que les propriétés des conduits aérauliques (coefficients de fuites, part en volume chauffé/refroidi et surface de réseau).

Emetteur(s) de chauffage et de refroidissement/distribution

Dans chaque composant bouches-conduits de soufflage, il est nécessaire de créer un émetteur équivalent de chauffage et de refroidissement (le cas échéant), permettant la modélisation du condenseur (évaporateur en refroidissement) de la pompe à chaleur du systèmes DF Th. Cet émetteur est paramétré de la manière suivante :

Typologie de l'émetteur : 1) Soufflage d'air chaud, d'air froid,

Variation temporelle : dans le cas d'une variation temporelle justifiée du couple thermostat/émission, il convient d'augmenter la valeur utilisée dans le calcul règlementaire de 0,5 °C en mode chauffage et de la réduire de 0,5°C en mode refroidissement. Dans le cas d'une variation temporelle certifiée, il n'y a pas de correction.

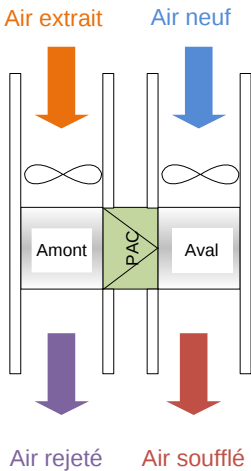
En l'absence de valeurs certifiée ou justifiée, on retiendra la valeur par défaut d'un couple émetteur/régulateur « permettant l'arrêt total de l'émission » de la méthode Th-BCE.

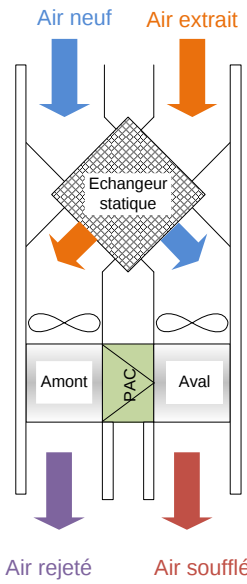
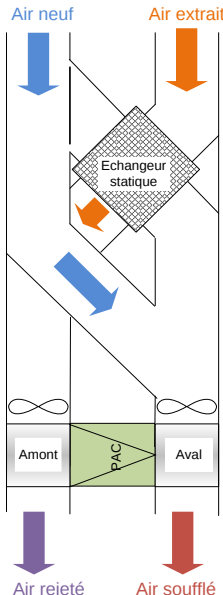
Variation spatiale : classe B2 en chauffage, classe B en refroidissement

On ne définit pas de ventilateurs locaux.

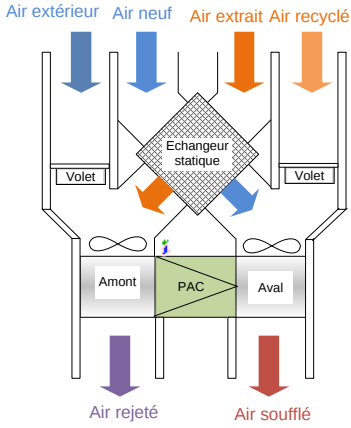
Les distributions du groupe et intergroupes utilisées sont à définir comme réseau de distribution fictif sans pertes. Elles doivent être reliées à la génération contenant le(s) générateur(s) thermodynamique(s) de chauffage et de refroidissement du système DF Th.

Paramétrages du système et des générateurs thermodynamiques :

	Configuration A : Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il n'y a pas de récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions : - $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 1$ Pas de recyclage d'air intérieure $\epsilon_{CH_saisi} (\epsilon_{FR_saisi}) = 0$ $Q_{rep_modeCH_saisi}$ et $Q_{sou_modeCH_saisi}$ ($Q_{rep_modeFR_saisi}$ et $Q_{sou_modeFR_saisi}$) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement). $P_{vent_rep_CH}$ et $P_{vent_sou_CH}$ ($P_{vent_rep_FR}$ et $P_{vent_sou_FR}$) sont les puissances de ventilateurs en mode chauffage (en mode refroidissement), hors puissances ayant servi à vaincre les pertes de charge au condenseur et à l'évaporateur. Ces dernières sont en effet déjà incluses dans les résultats d'essai de puissance absorbée et de COP (d'EER) issus de la norme NF EN 13141-7. $P_{vent_rep_CH}$ et $P_{vent_sou_CH}$ ($P_{vent_rep_FR}$ et $P_{vent_sou_FR}$) doivent être calculées forfaitairement par la même relation qui a permis de les exclure des résultats d'essais de performance. Pour un ventilateur (repris ou soufflé) : $P_{vent_{ch}} = \frac{q \times \Delta P_e}{\eta}$ Où : q est le débit volumique nominal du mode chauffage ou refroidissement (repris ou soufflé) en m^3/s, ΔP_e est la différence de pression statique externe disponible mesurée, exprimée en pascal Ces deux grandeurs sont fournies dans les résultats d'essais. η est le rendement de ventilateur fixé à 0,3 par convention dans la norme EN 14511-3. Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul) : $Sys_Thermo_Ch = 3$) PAC air extrait/air neuf Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un générateur thermodynamique réversible : Generateur_Thermodynamique_Elec_Autre (cas chauffage et refroidissement) : $Sys_Thermo = 3$) Machine réversible air extrait/air neuf Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issus d'essais la norme NF EN 13141-7 peuvent être utilisées en l'état.
--	--

	Configuration B : Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il y a un récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf. T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions : - $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 1$) Pas de recyclage d'air intérieur - $\epsilon_{CH_saïsi} (\epsilon_{FR_saïsi})$ est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumiques de chauffage (de refroidissement) - $Q_{rep_mode,CH_saïsi}$ et $Q_{sou_mode,CH_saïsi}$ ($Q_{rep_modeFR_saïsi}$ et $Q_{sou_modeFR_saïsi}$) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement) - $P_{vent_rep_CH}$ et $P_{vent_sou_CH}$ ($P_{vent_rep_FR}$ et $P_{vent_sou_FR}$) : voir configuration A Chauffage : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : $Sys_Thermo_Ch = 2$) PAC air extérieur/air recyclé Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : $Sys_Thermo_FR = 3$) Refroidisseur air extrait/air recyclé Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme NF EN 13141-7, incluant l'impact de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil mis à disposition avec la présente méthode. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.
	Configuration C : Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il y a un récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf, mais celui-ci est bypassé en mode chauffage/ mode refroidissement. Le mode chauffage/refroidissement est traité comme la configuration A ci-dessus.

	Configuration D : Le débit en mode chauffage est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule et inclus une part de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont. Il n'y a pas de récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf. T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions : - $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2$ Avec recyclage d'air intérieur - $\varepsilon_{CH_saïsi} (\varepsilon_{FR_saïsi}) = 0$ - $Q_{recycle_CH} (Q_{recycle_FR})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté aval. - $Q_{recycle_CH,ext} (Q_{recycle_FR,ext})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté amont. - $P_{vent_rep_CH}$ et $P_{vent_sou_CH}$ ($P_{vent_rep_FR}$ et $P_{vent_sou_FR}$) : voir configuration A Chauffage : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible $Sys_Thermo_Ch = 2$) PAC air extérieur/air recyclé Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : $Sys_Thermo_FR = 3$) Refroidisseur air extrait/air recyclé Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme NF EN 13141-7, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval et amont, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec la présente méthode. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.
	Configuration E : Le débit en mode chauffage (en mode refroidissement) est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule et inclus une part de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont. Un récupérateur statique est présent avant qu'aient lieu les mélanges avec l'air recyclé de part et d'autre. T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions : - $Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2$ Avec recyclage d'air intérieur, - $\varepsilon_{CH_saïsi} (\varepsilon_{FR_saïsi})$ est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumique de chauffage (de refroidissement) - $Q_{recycle_CH} (Q_{recycle_FR})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté aval, - $Q_{recycle_CH,ext} (Q_{recycle_FR,ext})$ est le débit volumique complémentaire recycle côté amont, - $P_{vent_rep_CH}$ et $P_{vent_sou_CH}$ ($P_{vent_rep_FR}$ et $P_{vent_sou_FR}$) : voir configuration A

	Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul) : <i>Sys_Thermo_Ch = 2) PAC air extérieur/air recyclé</i> Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : <i>Sys_Thermo_FR = 3) Refroidisseur air extrait/air recyclé</i> Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme NF EN 13141-7, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval/amont et de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec la présente méthode. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.
 Le schéma illustre la configuration F d'un système de ventilation. À l'entrée (en haut), quatre flux d'air sont indiqués : Air extérieur (bleu), Air neuf (bleu), Air extrait (orange) et Air recyclé (orange). Ces flux passent par des volets et sont dirigés vers un échangeur statique (losange hachuré). De l'échangeur, l'air est distribué à deux unités PAC (Amont et Aval, représentées par des triangles verts). L'unité Amont rejette l'air (Air rejeté, flèche violette vers le bas) et l'unité Aval souffle l'air (Air soufflé, flèche rouge vers le bas). Des flèches bleues indiquent également des flux d'air entre les unités PAC et l'échangeur statique.	Configuration F : Le débit en mode chauffage (en mode refroidissement) est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule. Il inclut d'une part un débit de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont, et d'autre part un débit d'air neuf supérieur à celui du mode ventilation. Un récupérateur statique est présent avant qu'aient lieu les mélanges avec l'air recyclé de part et d'autre. Cet échangeur peut être bypassé en mode chauffage. T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions : - IdModeCH (IdModeFR)= 2) Avec recyclage d'air intérieur, - ϵ_{CH_saisi} (ϵ_{FR_saisi}) est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumique de chauffage (de refroidissement) - Q_{rep_mode,CH_saisi} et Q_{sou_mode,CH_saisi} ($Q_{rep_modeFR_saisi}$ et $Q_{sou_modeFR_saisi}$) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement) - $Q_{recycle_CH}$ ($Q_{recycle_FR}$) est le débit volumique complémentaire recycle côté aval, - $Q_{recycle_CH,ext}$ ($Q_{recycle_FR,ext}$) est le débit volumique complémentaire recycle côté amont, - $P_{vent_rep_CH}$ et $P_{vent_sou_CH}$ ($P_{vent_rep_FR}$ et $P_{vent_sou_FR}$) : voir configuration A Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul): <i>Sys_Thermo_Ch = 2) PAC air extérieur/air recyclé</i> Dans le cas d'un système DF Th réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement :

	Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible : Sys_Thermo_FR = 3) Refroidisseur air extrait/air recyclé Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme NF EN 13141-7, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval/amont et de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec la présente méthode. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.
--	---

Source amont :

Dans le cas d'un système DF Th réversible, il convient de créer deux sources amonts différentes : une pour le chauffage et une pour le refroidissement.

Les composants source amont utilisés en association avec les générateurs thermodynamiques de chauffage et/ou de refroidissement sont de type « 3 : air extrait ». Ils doivent pointer vers le composant dédié à la ventilation double flux thermodynamique ([T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions](#)).

La puissance de ventilateur Pvent_Gaine est définie nulle.

Pour le mode chauffage, la température limite d'air rejeté θ_{air_lim} intervient si la régulation du système DFTh prévoit une limitation de la température d'air rejeté pour éviter l'apparition du gel. Si tel est le cas, la valeur annoncée par le fabricant est utilisée. Dans le reste des cas, une valeur de -99°C sera adoptée, ce paramètre n'étant pas pertinent.

Pour la source amont correspondant au mode refroidissement, une valeur θ_{air_lim} de 99°C sera adoptée, ce paramètre n'étant pas pertinent.

16.18.4 METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE : FICHE ALGORITHME POUR LA PARTIE VENTILATION

16.18.4.1. Introduction

La présente fiche algorithme décrit le processus de modélisation de la partie ventilation des systèmes double-flux thermodynamique réversibles ou non. Il s'agit de prendre en compte l'impact de l'activation du chauffage/du refroidissement sur les débits, températures, efficacité de récupérateur statique et puissances de ventilateurs.

16.18.4.2. Nomenclature

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables de la présente fiche.

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

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Météo	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps h	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique extérieure au pas de temps h	kg/kg s
Scénarios et environnement intérieur	$i_{vent}(h)$	Indicateurs d'occupation au sens de la ventilation (scénarios) : <i>1 : locaux occupés au sens de la ventilation</i>	Bool
	$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison de chauffage effective de la CTA. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Bool
	$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement effective de la CTA. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	Bool
Groupe	$\theta_{i,fin}^g(h-1)$	Température de l'air intérieur du groupe gr à la fin du pas de temps précédent	°C
	$\rho_{i,fin}^g(h-1)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr à la fin du pas de temps précédent	kg/m ³
	$\theta_{i,moy}^g(h)$	Température de l'air intérieur du groupe gr en moyenne sur le pas de temps h	°C

	$\rho_{i,moy}^g(h)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe gr en moyenne sur le pas de temps h	kg/m ³			
	$i_{report_ch}^g(h-1)$	Indicateur spécifiant si une génération de chauffage reliée au groupe était en situation de report d'énergie au pas de temps $h-1$	-			
	$q_{rep,dep,occ}^{g,s}$ $q_{sou,dep,occ}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris et soufflé au niveau des bouches g,s en occupation (en mode ventilation seule).	m ³ /h			
	$q_{rep,fuites}^{g,s}$ $q_{sou,fuites}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé totaux pour le composant bouches-conduits g,s	m ³ /h			
	$q_{rep,spec}^{g,s}(h)$ $q_{sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris et soufflé au niveau du composant bouches-conduits g,s . (en mode ventilation seule).	m ³ /h			
Bouches-conduits	$q_{rep,cond}^{g,s}(h)$ $q_{sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit volumique repris et soufflé en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques au niveau du composant bouches-conduits g,s (en mode ventilation seule).	m ³ /h			
	$T_{inc}^{g,s}(h)$	Température du local non-chauffé pour le calcul des pertes thermiques du composant du composant bouches-conduits g,s	°C			
	$Q_{sys_ch}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de chauffage transmise par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits g,s à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h .	Wh			
	$Q_{sys_frg,s}(h)$	<i>Demande en énergie de refroidissement transmise par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits g,s à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.</i>	Wh			
	$b_{thermet}(h)$	<i>Coefficient b thermique de l'espace tampon pour la prise en compte des déperditions par les conduits aérauliques hors volume chauffé.</i>	Réel			

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Bouches-conduits	$A_{cond,rep}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage du composant bouches-conduits g,s	m ²			
	$A_{cond,souf}^{g,s}$					
	$R_{rep}^{g,s}$	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			
	$R_{souffle}^{g,s}$					

	$Rat_{fuites,vc}^{g,s}$	Ratio des fuites en volume chauffé du composant bouches-conduits g,s	-	0	1
	$Dugd^{g,s}$	Durée d'utilisation du grand débit au niveau de la bouche/conduit g,s par semaine type.	h/sem		
Ventilateurs	$P_{vent_rep_base}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise et de soufflage en résidentiel de base (en ventilation seule)	W	0	$+\infty$
	$P_{vent_sou_base}$				
	$P_{vent_rep_pointe}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise et de soufflage en résidentiel de pointe (en ventilation seule)	W	0	$+\infty$
	$P_{vent_sou_pointe}$				
Bypass de réchauffement	$T_{ext,bypass,hiver}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	$-\infty$	$+\infty$
	$T_{ext,bypass,été}$				
	$T_{int,bypass,hiver}$	Température intérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	$-\infty$	$+\infty$
	$T_{int,bypass,été}$				
Mode chauffage et mode refroidissement	$P_{vent,rep,modeCH}$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage en mode chauffage / en mode refroidissement	W	0	$+\infty$
	$P_{vent,sou,modeCH}$				
	$P_{vent,rep,modeFR}$				
	$P_{vent,sou,modeFR}$				
	$Q_{rep_modeCHmax,dep(saisi)}$	Débits volumiques repris et soufflés en mode chauffage sans recyclage / mode refroidissement sans recyclage (au niveau des bouches de soufflage) définis par l'utilisateur.	m^3/h		
	$Q_{sou_modeCHmax,dep(saisi)}$				
	$Q_{rep_modeFRmax,dep(saisi)}$				
	$Q_{sou_modeFRmax,dep(saisi)}$				
	$q_{recyclé_CH,int}$	Débits volumiques recyclés pour le chauffage / mode refroidissement par recyclage d'air intérieur (au niveau de la centrale)	m^3/h	0	$+\infty$
	$q_{recyclé_FR,int}$				
	$q_{recyclé_CH,extr}$	Débit volumique recyclé pour le chauffage / le refroidissement côté extraction de la centrale (pour les générateurs sur air extrait).	m^3/h	0	$+\infty$
	$q_{recyclé_FR,extr}$				
	$A_{cond,recyclage}$	Surface d'enveloppe des conduits de recyclage d'air intérieur	m^2	0	$+\infty$
	$K_{res,recyclage}$	Coefficients de fuites des réseaux aérauliques de recyclage d'air intérieur.	$m^3/(s.m^2)$ sous 1 Pa		
	$R_{recyclage}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de recyclage d'air intérieur située hors volume chauffé	m^2K/W	0	$+\infty$
	$Rat_{vc,recyclage}$	Ratio de surface des conduits de recyclage en volume chauffé	-	0	1

Id_{et}	Indice de l'espace tampon non-solarisé dans lequel se situe les conduits de ventilation hors volume chauffé (pour la prise en compte des fuites et déperditions de ceux-ci).	Ent	0	$+\infty$	
-----------	--	-----	---	-----------	--

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$id_{niveau_detail_echangeur}$	Nature de la représentation de l'échangeur : <i>0 : représentation simplifiée</i> <i>1 : représentation détaillée</i>	Bool	-	-	0
$id_{statut_echangeur}$	Statut de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode ventilation seule. <i>0 : Valeur déclarée par le fabricant,</i> <i>1 : Valeur justifiée,</i> <i>2 : Valeur certifiée</i>	Ent	0	2	-
$\mathcal{E}_{t_saïsi}$	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode ventilation seule	-	0	1	-
$Id_{fonction}$	Indicateur de fonctions du système : <i>1 : Chauffage seul</i> <i>2 : Chauffage et refroidissement</i>	-	1	2	-
$id_{statut_echangeur_CH}$	Statuts de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode chauffage / en mode refroidissement :	Ent	0	2	-
$id_{statut_echangeur_FR}$	<i>0 : Valeur déclarée par le fabricant,</i> <i>1 : Valeur justifiée,</i> <i>2 : Valeur certifiée.</i>				
$\mathcal{E}_{modeCH_saïsi}$	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode chauffage/ en mode refroidissement (cas sans recyclage d'air intérieur/extérieur)	-	0	1	-
$\mathcal{E}_{modeFR_saïsi}$					
iS_{bypass}	Bypass de l'échangeur : <i>0 : absence,</i> <i>1 : présence.</i>	-	-	-	-
Id_{ModeCH} Id_{ModeFR}	Type de mode chauffage/ en mode refroidissement : <i>1) Pas de recyclage d'air,</i> <i>2) Avec recyclage d'air int./ext.</i>	Ent	1	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$\theta_{air_souffle}^{g,s}(h)$	Température de l'air soufflé	°C
$\omega_{air_souffle}^{g,s}(h)$	Humidité de l'air soufflé	kg/kg s
$\rho_{air_souffle}^{g,s}(h)$	Masse volumique de l'air soufflé	kg/m ³

Après calcul des besoins (modélisation des systèmes CVC)	$W_{vent}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système	Wh
	$W_{aux_v}^{g,s}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation pour le composant bouches-conduits	W
	$Q_{sys_ch(recalculé)}^{g,s}(h)$ $Q_{sys_fr(recalculé)}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de chauffage / de refroidissement transmise par l'émission à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh
	$\theta_{air_souffle(recalculé)}^{g,s}(h)$	Température d'air soufflé en amont de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr.	°C
	$q_{m,sou_spec(recalculé)}^{g,s}(h)$	Débit massique d'air soufflé de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr.	kg/s
	$\theta_{air_extrait(recalculé)}(h)$	Température de l'air rejeté par la centrale, température utilisée pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	°C
	$q_{m_air_extrait(recalculé)}(h)$	Débit d'air massique rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s
	$W_{vent(recalcule)}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système	Wh
	$W_{aux_v(recalcule)}^{g,s}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation recalculée pour le composant bouches-conduits	W

Variables internes

	Nom	Description	Unité
Centrale	$A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ $A_{cond,souf,ext}^{g,s}$	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
	$q_{rep_modeCH,dep}$ $q_{sou_modeCH,dep}$ $q_{rep_modeFR,dep}$ $q_{sou_modeFR,dep}$	Débits volumiques repris et soufflés en mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur	m ³ /h
	$q_{rep_modeCH,spec}$ $q_{sou_modeCH,spec}$ $q_{rep_modeFR,spec}$ $q_{sou_modeFR,spec}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur	m ³ /h

Bouches-conduits	$Q_{rep_modeCH,cond}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques	m^3/h	W	0	+∞
	$Q_{sou_modeCH,cond}$					
	$Q_{rep_modeFR,cond}$					
	$Q_{sou_modeFR,cond}$					
	$P_{vent_rep_occ}$	Puissances électriques des ventilateurs de reprise et de soufflage calculées à partir des puissances base et pointe.				
	$P_{vent_sou_occ}$					
	$Q_{rep_modeCH,dep}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur pour le composant bouches-conduits g,s				
	$Q_{sou_modeCH,dep}^{g,s}$					
	$Q_{rep_modeFR,dep}^{g,s}$					
	$Q_{sou_modeFR,dep}^{g,s}$					
	$Q_{rep_modeCH,spec}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h			
	$Q_{sou_modeCH,spec}^{g,s}$					
	$Q_{rep_modeFR,spec}^{g,s}$					
	$Q_{sou_modeFR,spec}^{g,s}$					
$Q_{rep_modeCH,cond}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant toutes les infiltrations/fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h				
$Q_{sou_modeCH,cond}^{g,s}$						
$Q_{rep_modeFR,cond}^{g,s}$						
$Q_{sou_modeFR,cond}^{g,s}$						
Variables internes de débits	$Q_{rep,fuites,vc}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h			
	$Q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$					
	$Q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé hors volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	m^3/h			
	$Q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$					
	$Q_{recycleCH,fuites}$	Infiltrations aérauliques dans les conduits de recyclage d'air intérieur.	m^3/h			
	$Q_{recycleFR,fuites}$					
	$Q_{m,rep,cond}(recalcule)(h)$	Débit massique repris et soufflé en intégrant les fuites aérauliques, recalculés au pas de temps h.	kg/s			
	$Q_{m,sou,cond}(recalcule)(h)$					
	$Q_{m,sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	kg/s			
	$Q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s .	kg/s			
$Q_{m,sou,cond}(recalcule)^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s , recalculé au pas de temps h	kg/s				
Temps	$\theta_{extr1}^{g,s}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit pour le composant bouches-conduits g,s	$^{\circ}C$			
	$\theta_{extr1}(recalcule)^{g,s}(h)$					

Mode chauffage avec recyclage	$\theta_{extr1}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes des conduits au niveau de la centrale	°C				
	$\theta_{extr1(recalcule)}(h)$						
	$\theta_{extr2}(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction de la centrale	°C				
	$\theta_{extr2(recalcule)}(h)$						
	$\theta_{extr3(recalcule)}(h)$	Température de l'air repris après impact de l'échangeur statique de la centrale					
	$\theta_{souf1}(h)$	Température de l'air soufflé après impact l'échangeur statique de la centrale de la centrale	°C				
	$\theta_{souf1(recalcule)}(h)$						
	$\theta_{souf2}(h)$	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur de soufflage de la centrale	°C				
	$\theta_{souf2(recalcule)}(h)$						
	$\theta_{an}(h)$	Température de l'air neuf vu par la centrale	°C				
	$\theta_{air,souffle}(h)$	Température de l'air à la sortie de la centrale	°C				
	$T_{inc}^{g,s}(h)$	Température de local non-chauffé pour le calcul des fuites et pertes des conduits aérauliques.	°C				
	$H_{cond,recycle,ext}$	Conductivité thermique du conduit de recyclage hors volume chauffé	W/K				
	$T_{inc,recyclage}(h)$	Température de local non-chauffé traversé par le conduit de recyclage	°C				
	$\theta_{i,moy_recyclage}(h)$	Température d'air intérieur vu par le par le recyclage	°C				
	$\theta_{air,recycle,cond}(h)$	Température d'air recyclée en intégrant les infiltrations aérauliques	°C				
	$\theta_{air,recycle}(h)$	Température d'air recyclé en mode chauffage au niveau de la centrale de ventilation.	°C				
	$\rho_{air,recycle}(h)$	Masse volumique d'air recyclé en mode chauffage au niveau de la centrale de ventilation.	kg/m3				
	$\rho_{air,recycle}(h-1)$						
	$\rho_{air_souffle(recalcule)}(h)$	Masse volumique d'air soufflée recalculée (au pas de temps h et h-1).	kg/m3				
	$\rho_{air_souffle(recalcule)}(h-1)$						
	$P_{vent,rep(recalcule)}(h)$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage recalculées au pas de temps h	W				
	$P_{vent,sou(recalcule)}(h)$						
	$\theta_{icong,s}(h)$	Température de l'air à l'intérieur des conduits d'extraction du composant bouches-conduits g,s	°C				
	$\theta_{icond(recalcule)g,s}(h)$						
	ε_t	Efficacité de l'échangeur en représentation simplifiée, en prenant en compte le statut de saisie en mode ventilation seule et chauffage		-	0	1	-
	ε_{modeCH}						
	$\delta_{bypass}(h)$	Indicateur d'activation du by-pass de l'échangeur statique.	-				
	$\varepsilon_{recalculé}(h)$	Efficacité de l'échangeur recalculée au pas de temps h.		-	0	1	-

$C_{air_repris}(h)$	Débit capacitif de l'air repris et de l'air neuf (pour la caractérisation des performances de l'échangeur)	W/K
$C_{air_neuf}(h)$		
$C(h)$	Rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux-fluides de l'échangeur	-
$NUT(h)$	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur	-
$C_{air_rejeté}(h)$	Débit capacitif de l'air rejeté	W/K

Constantes

Nom	Description	Unité	Val
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	J/kg.K	1006
ρ_{ref}	Masse volumique de l'air de référence	kg/m ³	1,2
θ_{ref}	Température d'air correspondant à la masse volumique de l'air de référence	°C	20
Pel	Rendement des ventilateurs	-	0,8
$\mathcal{E}_{utile\ max}$	Efficacité maximale de l'échangeur en l'absence de valeurs certifiées ou justifiées	- - -	0,5

Tableau 21 : Nomenclature du modèle

16.18.5 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.18.5.1. *Prise en compte du système avant le calcul des besoins en énergie du groupe*

La première phase de modélisation du système 2 fonctions consiste à fournir les données d'entrée pour l'algorithme de modélisation du comportement thermique du groupe, à savoir débits, massiques températures et humidités de l'air soufflés dans le groupe.

Cette première phase intervient avant le calcul des besoins d'énergie de chauffage du groupe.

On modélise alors le système 2 fonctions avec comme hypothèse que les fonctions chauffage et refroidissement sont désactivées, ce qui le ramène donc à un système de ventilation double-flux hygiénique classique.

Ainsi, le calcul est identique à celui d'un système de ventilation double-flux classique, déjà pris en compte dans la méthode Th-BCE 2020, détaillés dans les chapitres « 6.2 C_Ven_Bouches-conduits » (débits massiques soufflés et repris) et « 6.3 C_Ven_CTA et Double_flux » (température et humidité de l'air soufflé, puissance de ventilateurs pour le débit d'hygiène).

Par soucis de simplicité, seule la description simplifiée de l'efficacité de l'échangeur est utilisable dans le composant ($id_{niveau_detail_echangeur} = 0$: *représentation simplifiée*).

16.18.5.2. *Gestion des débits*

PRISE EN COMPTE DU SYSTEME APRES LE CALCUL DES BESOINS EN ENEGIE DU GROUPE

La seconde phase de modélisation du système 2 fonctions consiste à :

- recalculer les températures, humidités de l'air et puissances appelées en prenant en compte les besoins de chauffage des locaux,
- calculer les consommations énergétiques supplémentaires des ventilateurs du système 2 fonctions, en intégrant le cas échéant les fonctions de recyclage ou d'augmentation de débit liées à un appel de puissance de chauffage, ou de refroidissement ou d'ECS.

Le déclenchement du mode chauffage ou refroidissement ou ECS peut entraîner :

- soit un maintien des débits soufflés et repris au niveau du mode ventilation seule
- soit une augmentation des débits soufflés et repris en restant en tout air neuf et tout air repris,
- soit une augmentation des débits soufflés ou repris, avec l'ouverture de volet de recyclage d'air intérieur côté source aval et d'air extérieur côté source amont. Cette solution présente l'avantage de ne pas augmenter la quantité d'air neuf (froid) à réchauffer lors de l'activation du mode chauffage ou du mode refroidissement
- Soit une augmentation du débit d'air neuf et l'ouverture de volet de recyclage via la configuration F.

Le calcul de la centrale de ventilation est directement lié à celui des bouches-conduits connectés, dont les conventions sont les suivantes :

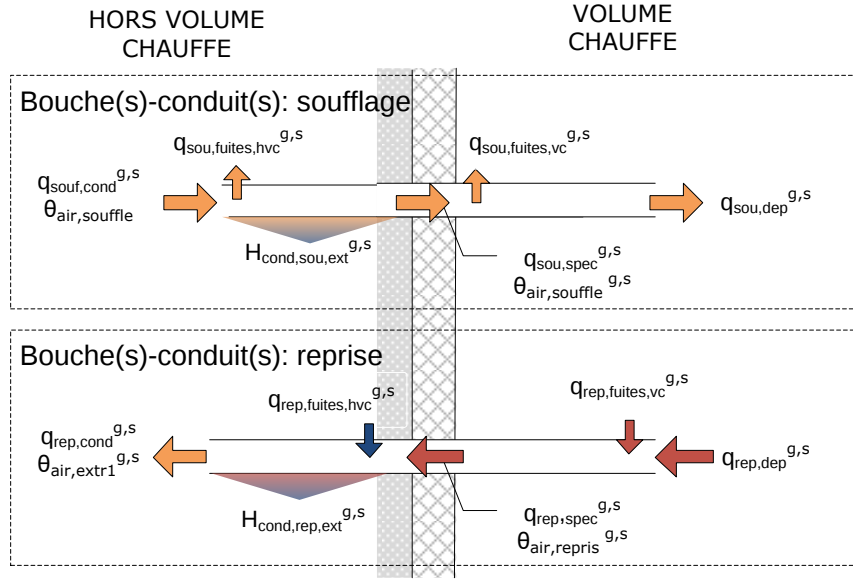


Figure 9: rappel des notations de débits et températures au niveau des bouches-conduits

16.18.5.3. Préprocesseur

En début de simulation, on calcule les variables suivantes, indépendantes du pas de temps de simulation :

$$q_{rep, fuites, vc}^{g,s} = Rat_{fuitesvc}^{g,s} \times q_{rep, fuites}^{g,s} \quad (292)$$

$$q_{sou, fuites, vc}^{g,s} = Rat_{fuitesvc}^{g,s} \times q_{sou, fuites}^{g,s}$$

$$q_{rep, fuites, hvc}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times q_{rep, fuites}^{g,s} \quad (293)$$

$$q_{sou, fuites, hvc}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times q_{sou, fuites}^{g,s}$$

En usage d'habitation maison individuelle ou accolée ou logement collectif, il est nécessaire de convertir en préprocesseur les puissances de ventilateur base et pointe en une valeur d'occupation :

$$P_{vent_rep_occ} = \frac{P_{vent_rep_pointe} \times MAX(Dugd^{g,s}) + P_{vent_rep_base} \times (168 - MAX(Dugd^{g,s}))}{168} \quad (294)$$

$$P_{vent_sou_occ} = \frac{P_{vent_rep_pointe} \times MAX(Dugd^{g,s}) + P_{vent_rep_base} \times (168 - MAX(Dugd^{g,s}))}{168}$$

Pour rappel, on calcule également les surfaces et coefficients de déperditions thermiques des conduits hors volume chauffé :

$$A_{cond, sou, ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuites, vc}^{g,s}) \times A_{cond, sou}^{g,s} \quad (295)$$

$$A_{cond, rep, ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuites, vc}^{g,s}) \times A_{cond, rep}^{g,s}$$

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,sou,ext}^{g,s}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0.02}$$

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}^{g,s}}{R_{repris}^{g,s} + 0.02}$$
(296)

Dans le cas d'un mode chauffage (ou refroidissement) sans recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour, $Id_{ModeCH} = \ll 1 \gg$ *Pas de recyclage d'air* » ou $Id_{ModeFR} = \ll 1 \gg$ *Pas de recyclage d'air* » :

Les débits soufflés en mode chauffage sont définis au niveau de la centrale de ventilation. On calcul les débits en incluant les infiltrations des réseaux aérauliques.

$$q_{rep_modeCH,dep} = q_{rep_modeCH,dep}(saisi)$$
(297)

$$q_{sou_modeCH,dep} = q_{sou_modeCH,dep}(saisi)$$

$$q_{rep_modeCH,spec} = q_{rep_modeCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites,vc}^{g,s}$$
(298)

$$q_{sou_modeCH,spec} = q_{rep_modeCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$$

$$q_{rep_modeCH,cond} = q_{rep_modeCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites}^{g,s}$$
(299)

$$q_{sou_modeCH,cond} = q_{rep_modeCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques en mode chauffage sont recalculés au prorata des débits volumiques en mode ventilation seule.

$$q_{rep_modeCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{rep_modeCH,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}} q_{rep,dep,occ}^{g,s} + q_{rep,fuites,vc}^{g,s}$$
(300)

$$q_{rep_modeCH,cond}^{g,s} = q_{rep_modeCH,spec}^{g,s} + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$$

$$q_{sou_modeCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou_modeCH,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$$
(301)

$$q_{sou_modeCH,cond}^{g,s} = q_{sou_modeCH,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

De même, pour un système assurant également le refroidissement, les débits soufflés en mode refroidissement sont définis au niveau de la centrale de ventilation. On calcul les débits en incluant les infiltrations des réseaux aérauliques.

$$q_{rep_modeFR,dep} = q_{rep_modeFR,dep}(saisi)$$
(302)

$$q_{sou_modeFR,dep} = q_{sou_modeFR,dep}(saisi)$$

$$q_{rep_modeFR,spec} = q_{rep_modeFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites,vc}^{g,s}$$
(303)

$$\begin{aligned}
q_{sou_modeFR,spec} &= q_{rep_modeFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou, fuites,vc}^{g,s} \\
q_{rep_modeFR,cond} &= q_{rep_modeFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{rep, fuites}^{g,s} \\
q_{sou_modeFR,cond} &= q_{rep_modeFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou, fuites}^{g,s}
\end{aligned} \tag{304}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques en mode refroidissement sont recalculés au prorata des débits volumiques en mode ventilation seule.

$$q_{rep_modeFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{rep_modeFR,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}} q_{rep,dep,occ}^{g,s} + q_{rep, fuites,vc}^{g,s} \tag{305}$$

$$q_{rep_modeFR,cond}^{g,s} = q_{rep_modeFR,spec}^{g,s} + q_{rep, fuites,hvc}^{g,s}$$

$$q_{sou_modeFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou_modeFR,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou, fuites,vc}^{g,s} \tag{306}$$

$$q_{sou_modeFR,cond}^{g,s} = q_{sou_modeFR,spec}^{g,s} + q_{sou, fuites,hvc}^{g,s}$$

Comme pour l'échangeur en ventilation seule, les efficacités ϵ_{modeCH} de l'échangeur en mode chauffage et ϵ_{modeFR} en mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur prise en compte dans le calcul dépendent du statut de donnée associé :

- **Statut certifié ($id_{statut_echangeur_ch} / id_{statut_echangeur_fr} = 2$)** : la valeur issue d'une certification basée sur la norme NF EN 13141-7 si le produit est certifié par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,
- **Statut justifié ($id_{statut_echangeur_ch} / id_{statut_echangeur_fr} = 1$)** : $\epsilon_{modeCH_saisi} / \epsilon_{modeFR_saisi}$ est la valeur justifiée par un essai selon la norme NF EN 13141-7 effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme EN 13141-7,

$$\begin{aligned}
\epsilon_{modeCH} &= 0,9 \times \epsilon_{modeCH_saisi} \\
\epsilon_{modeFR} &= 0,9 \times \epsilon_{modeFR_saisi}
\end{aligned} \tag{307}$$

- **Statut déclaré ($id_{statut_echangeur_ch} = 0 / id_{statut_echangeur_fr} = 0$)** : la valeur est simplement déclarée par le fabricant :

$$\begin{aligned}
\epsilon_{modeCH} &= MIN(0,8 \times \epsilon_{modeCH_saisi} ; \epsilon_{utile\ max}) \\
\epsilon_{modeFR} &= MIN(0,8 \times \epsilon_{modeFR_saisi} ; \epsilon_{utile\ max})
\end{aligned} \tag{308}$$

Dans le cas d'un mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour $Id_{ModeCH} = \ll 2 \gg$ Avec recyclage d'air int./ext. » / $Id_{ModeFR} = \ll 2 \gg$ Avec recyclage d'air int./ext. » :

$$q_{recycleCH,fuites} = 3600 \times K_{res\ recyclage} \times A_{cond, recyclage} \times dP^{0.667} \tag{309}$$

$$q_{recycleFR,fuites} = 3600 \times K_{res,recyclage} \times A_{cond,recyclage} \times dP^{0.667}$$

Où :

- $K_{res,recyclage}$ est la classe d'étanchéité à l'air du réseau de recyclage,

Classe d'étanchéité du réseau	Kres (m ³ /(s.m ²) sous 1 Pa)
A	0,027 10 ⁻³
B	0,009 10 ⁻³
C	0,003 10 ⁻³
Autre (valeur par défaut)	0,0675 10 ⁻³

Tableau 22 : Valeurs conventionnelles de $K_{res,recyclage}$

- $A_{cond,recyclage}$ est la surface du ou des conduits de recyclage connectés à la centrale en m². Par défaut :

$$A_{cond,recyclage} = 0,02 \times MAX(q_{recycleCH}; q_{recycleFR}) \quad (310)$$

- dP est la différence de pressions de référence pour le calcul des fuites. On retiendra conventionnellement la valeur pour la haute pression correspond au logement individuel, **soit 80 Pa**.

$$H_{cond,recycle,ext} = \frac{A_{cond,recyclage}}{R_{recyclage} + 0,02} \quad (311)$$

En mode chauffage :

$$q_{recycleCH,spec} = q_{recycleCH} + Rat_{vc,recyclage} \times q_{recycleCH,fuites} \quad (312)$$

$$q_{recycleCH,cond} = q_{recycleCH} + q_{recycleCH,fuites}$$

$$q_{sou_modeCH,dep} = \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{recycleCH,cond} \quad (313)$$

$$q_{sou_modeCH,spec} = q_{sou_modeCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (314)$$

$$q_{sou_modeCH,cond} = q_{sou_modeCH,spec} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques soufflés en mode chauffage sont recalculés au prorata des débits volumiques soufflés en mode ventilation seule. Les débits volumiques repris restent inchangés.

$$q_{sou_modeCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou_modeCH,dep}^{g,s}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (315)$$

$$q_{sou_modeCH,cond}^{g,s} = q_{sou_modeCH,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

En mode refroidissement :

$$q_{recycleFR,spec} = q_{recycleFR} + Rat_{vc,recyclage} \times q_{recycleFR,fuites} \quad (316)$$

$$q_{recycleFR,cond} = q_{recycleFR} + q_{recycleFR,fuites}$$

$$q_{sou_modeFR,dep} = \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{recycleFR,cond} \quad (317)$$

$$q_{sou_modeFR,spec} = q_{sou_modeFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (318)$$

$$q_{sou_modeFR,cond} = q_{sou_modeFR,spec} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits g,s connectés à la centrale, les débits volumiques soufflés en mode refroidissement sont recalculés au prorata des débits volumiques soufflés en mode ventilation seule. Les débits volumiques repris restent inchangés.

$$q_{sou_modeFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou_modeFR,dep}^{g,s}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (319)$$

$$q_{sou_modeFR,cond}^{g,s} = q_{sou_modeFR,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

16.18.5.4. Cohérence du montage

Dans le cas d'un mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour, $Id_{ModeCH} = \ll \ll 1) Sans recyclage d'air intérieur/extérieur \gg$ on vérifiera que les débits aux bouches en mode chauffage sont bien supérieurs aux débits en mode ventilation seule :

Si $q_{rep_modeCH,dep} < \sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}$ alors, renvoyer le message d'erreur :

« Le débit volumique d'air repris en mode de chauffage doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

(320)

Si $q_{sou_modeCH,sou} < \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}$, alors, renvoyer le message d'erreur :

« Le débit volumique d'air soufflé en mode de chauffage doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

(321)

De même dans le cas d'un mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur, $Id_{ModeFR} = \ll \ll 1) Sans recyclage d'air intérieur/extérieur \gg$:

Si $q_{rep_modeFR,dep} < \sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}$ alors, renvoyer le message d'erreur :
« Le débit volumique d'air repris en mode de refroidissement doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

Si $q_{sou_modeFR,sou} < \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}$, alors, renvoyer le message d'erreur :
« Le débit volumique d'air soufflé en mode de refroidissement doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

16.18.5.5. Algorithme de prise en compte horaire

Les algorithmes de prise en compte horaire des systèmes fonctions pour l'aspect ventilation sont détaillés page suivante :

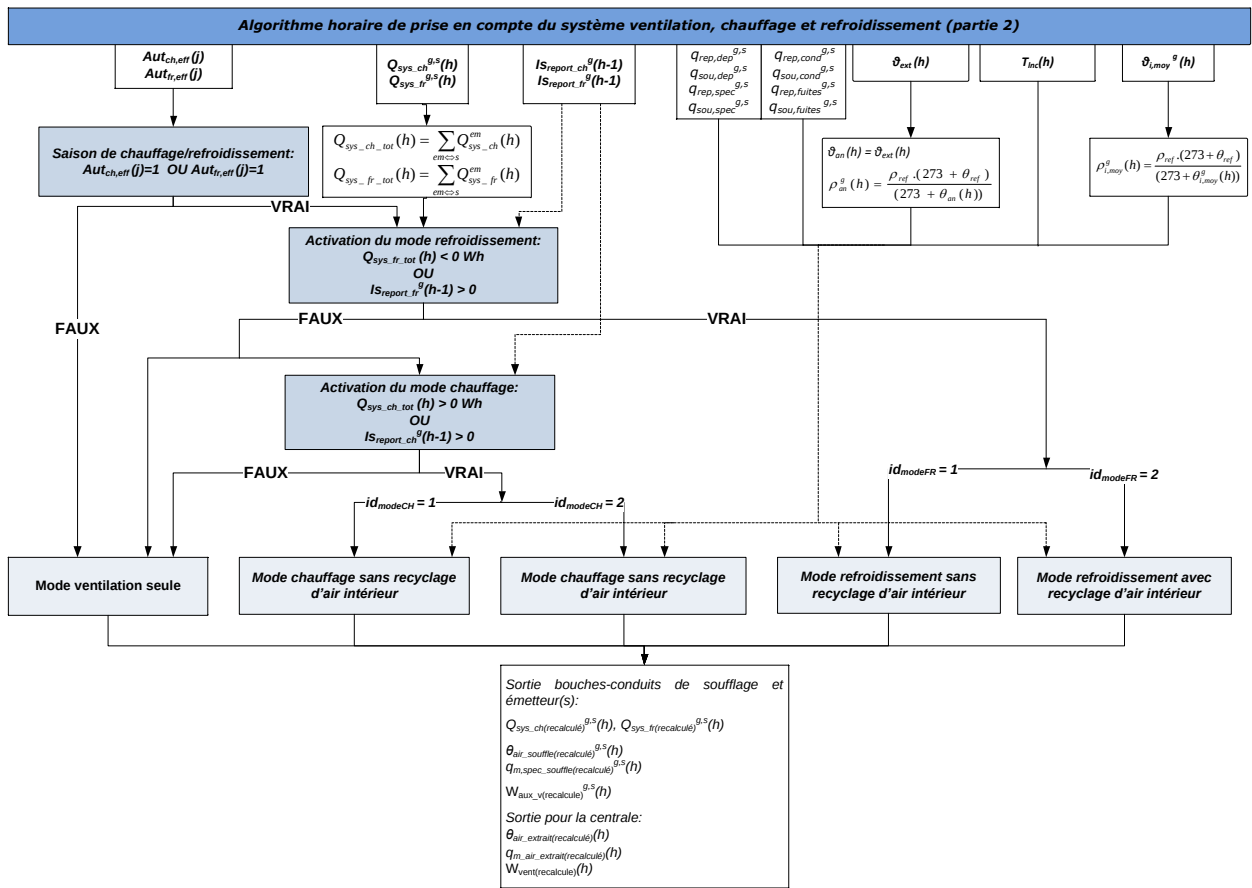


Figure 10: structure globale de l'algorithme

Au cours d'un pas de temps, on considère que le système ne peut pas assurer simultanément le chauffage et le refroidissement. Etant donné qu'il est destiné aux usages résidentiels, il n'y a à priori pas de temps où un besoin de chaud et un besoin de froid devront être assurés simultanément. Dans le cas où cela arriverait, le mode refroidissement est considéré prioritaire. Le besoin de chauffage reste

cependant comptabilisé au niveau de l'émetteur, et transmis à la génération associée au système de ventilation.

Mode ventilation seule :

Que ce soit en l'absence de besoin de chauffage (ventilation seule), ou avec en présence de besoins faibles ne nécessitant pas l'augmentation des débits, les variables recalculées sont égales aux variables calculées lors du premier calcul précédent le bilan thermique des groupes :

$$Q_{sys_ch(recalculé)}^{g,s}(h) = Q_{sys_ch}^{g,s}(h) (= 0 \text{ Wh})$$

$$Q_{sys_fr(recalculé)}^{g,s}(h) = Q_{sys_fr}^{g,s}(h) (= 0 \text{ Wh}) \quad (324)$$

$$\theta_{air_souffle(recalculé)}^{g,s}(h) = \theta_{air_souffle}^{g,s}(h)$$

$$q_{m,sou_spec}^{g,s}(h) = q_{m,sou_spec}^{g,s}(h) \quad (325)$$

$$\theta_{air_extrait(recalculé)}(h) = \theta_{air_extrait}(h)$$

$$q_{m_air_extrait(recalculé)}(h) = q_{m_air_extrait}(h) \quad (326)$$

$$W_{vent(recalculé)}(h) = W_{vent}(h)$$

$$W_{aux_v(recalculé)}^{g,s}(h) = W_{aux_v}^{g,s}(h) \quad (327)$$

Mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur avec augmentation du débit d'air neuf

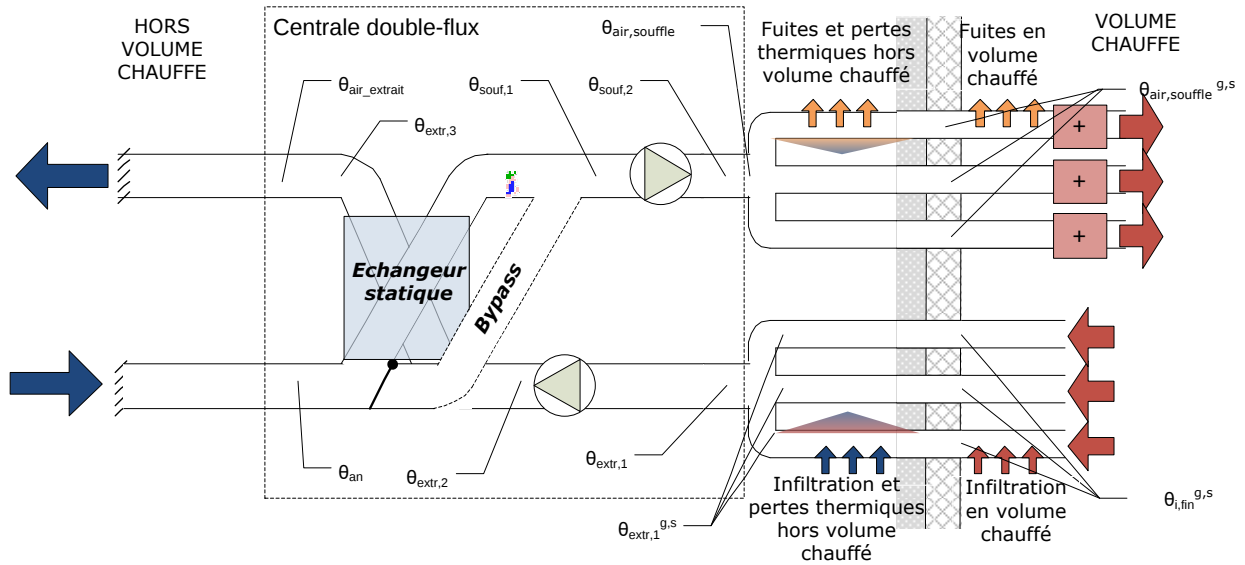


Figure 11: mode chauffage (ou refroidissement) sans recyclage d'air intérieur/extérieur avec augmentation du débit d'air neuf

En mode chauffage avec augmentation des débits, l'ensemble des puissances de ventilateurs et des températures du réseau de ventilation doivent être recalculées, dans la mesure où les débits repris et soufflés sont supérieurs au mode ventilation seule ou chauffage sans augmentation des débits.

$$q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) = \frac{1}{3600} \sum_{g,s \in s} \rho_{i,moy}^g(h) q_{rep_modeCH,cond}^{g,s} \quad (328)$$

$$q_{m_air_extrait(recalculé)}(h) = q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) \quad (329)$$

$$P_{vent_rep(recalcule)}(h) = P_{vent_rep_modeCH} \quad (330)$$

$$P_{vent_souf(recalcule)}(h) = P_{vent_sou_modeCH} \quad (331)$$

$$W_{vent(recalcule)}(h) = P_{vent_rep(recalcule)}(h) + P_{vent_souf(recalcule)}(h) \quad (332)$$

Les températures extraites sont calculées à partir des nouveaux débits pour chaque composant bouches-conduits :

$$T_{Lnc}^{g,s}(h) = (1 - b_{thermique}^{et}(h)) \times \theta_{i,moy}^g(h) + b_{thermique}^{et}(h) \times \theta_{ext}(h) \quad (333)$$

$$\theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{q_{rep_modeCH,spec}^{g,s} \times \theta_{i,moy}^g(h) + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s} \times T_{Lnc}^{g,s}(h)}{q_{rep_modeCH,cond}^{g,s}} \quad (334)$$

$$\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) = \theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - \left(\theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \right) \right) \quad (335)$$

Au niveau de la centrale, la température extraite après passage dans les conduits est la suivante :

$$\theta_{extr1(recalcule)}(h) = \frac{\sum_g \left(\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) \times \rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep_modeCH,cond}^{g,s} \right)}{3600 \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (336)$$

$$\theta_{extr2(recalcule)}(h) = \theta_{extr1(recalcule)}(h) + \frac{pel \times P_{vent_rep(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (337)$$

Le mode chauffage peut être associé à une augmentation des débits et donc à une modification de l'efficacité de l'éventuel échangeur statique :

$$\varepsilon_{recalcule}(h) = \delta_{bypass}(h) \quad \varepsilon_{modeCH} \quad (338)$$

$$\theta_{souf1(recalculé)}(h) = \theta_{an}(h) + \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (339)$$

$$\theta_{extr3(recalculé)}(h) = \theta_{extr2(recalcule)}(h) - \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (339)$$

$$\theta_{souf2(recalcule)}(h) = \theta_{souf1(recalcule)}(h) + \frac{3600 \times pel \times P_{vent_sou(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times \rho_{air,souffle(recalcule)}(h-1) \times q_{sou_modeCH,cond}} \quad (340)$$

Note : $\rho_{air,souffle(recalcule)}(h)$ est initialisée à la valeur de la constante ρ_{ref}

$$\theta_{air_souffle(recalculé)}(h) = \theta_{souf2(recalculé)}(h) \quad (341)$$

$$\rho_{air,souffle(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air,souffle(recalcule)}(h))} \quad (342)$$

$$q_{m,sou,cond(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{air_souffle}(h) \cdot q_{sou_modeCH,cond}}{3600} \quad (343)$$

Côté air évacué, la température d'air est la suivante :

$$\theta_{air_extrait(recalcule)}(h) = \theta_{extr3(recalcule)}(h) \quad (344)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage, les données de sortie sont les suivantes :

$$q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) = \rho_{air_souffle(recalcule)}(h) \cdot q_{sou_modeCH,spec}^{g,s} \quad (345)$$

$$q_{m,sou,cond(recalculé)}^{g,s}(h) = \rho_{air_souffle(recalcule)}(h) \cdot q_{sou_modeCH,cond}^{g,s}$$

$$\theta_{air_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h) = \theta_{air_souffle(recalcule)}(h) - (\theta_{air_souffle(recalcule)}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h)) \times \left(1 - \exp\left(-\frac{3600 \times H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond(recalcule)}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (346)$$

$$Q_{sys_ch(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys_ch}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot MAX(0; q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h)] - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé}^{g,s}(h)]) \quad (347)$$

$$Q_{sys_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys_fr}^{g,s}(h)$$

$$W_{aux_V(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{W_{vent(recalcule)}(h) \times q_{m,sou_spec(recalcule)}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou_spec(recalcule)}^{g,s}(h)} \quad (348)$$

Mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur et avec augmentation du débit d'air neuf

Le modèle est rigoureusement similaire au mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, à ceci près que le jeu de données employé est celui d'indice « FR ».

Au final, en mode refroidissement :

$$\begin{aligned}
 Q_{sys_fr(recalcule)}^{g,s}(h) &= MIN[0; Q_{sys_fr}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot (q_{m,sou,spec}^{g,s}(recalcule)(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h)) \\
 &\quad - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé}^{g,s}(h)))] \\
 Q_{sys_ch(recalcule)}^{g,s}(h) &= Q_{sys_ch}^{g,s}(h)
 \end{aligned} \tag{349}$$

Mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur :

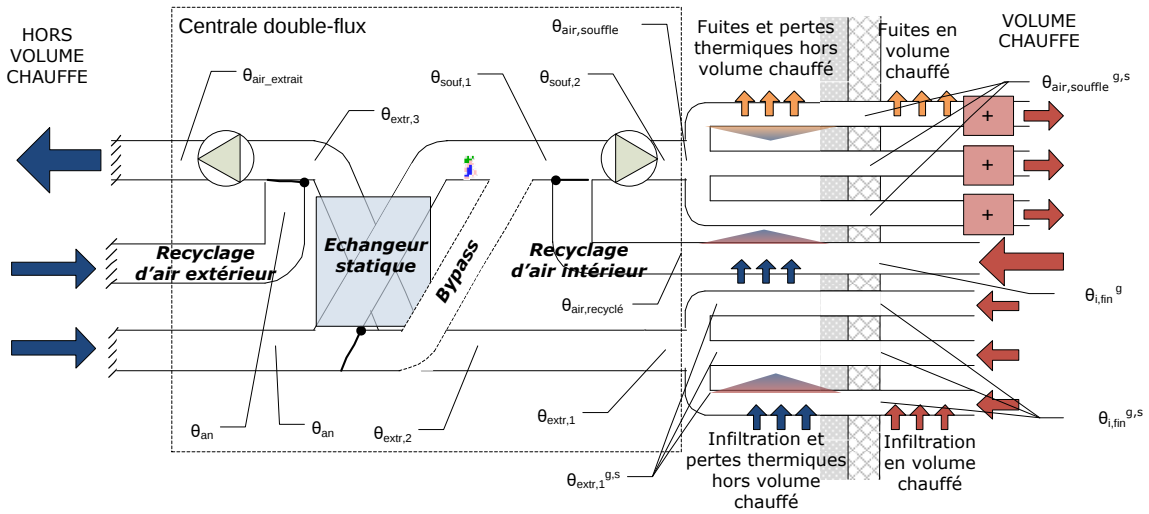


Figure 12: mode chauffage ou refroidissement avec recyclage d'air intérieur/extérieur

En mode chauffage par recyclage d'air intérieur/extérieur, les débits repris aux bouches de ventilation (hors ceux de recyclage) restent identiques au mode ventilation seule :

$$q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) = \frac{1}{3600} \sum_g (\rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep_cond}^{g,s}(h)) \tag{350}$$

Les débits soufflés et extraits doivent par contre être recalculés en intégrant les débits de recyclage. La température d'air recyclée équivalente est prise égale à la moyenne pondérée par les débits en mode chauffage des groupes desservis :

$$T_{lnc,recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,s \in S} (q_{sou_mod eCH,spec}^{g,s} \cdot T_{Lnc}^{g,s}(h))}{q_{sou_mod eCH,spec}} \tag{351}$$

$$\theta_{i_moy_recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,s \in S} (q_{sou_modeCH,spec}^{g,s} \cdot \theta_{i_moy}^{g,s}(h))}{q_{sou_modeCH,spec}} \quad (352)$$

$$\theta_{air_recycle,cond}(h) = \frac{q_{recycleCH,spec} \cdot \theta_{i_moy_recyclage}(h) + (1 - Rat_{vc,recyclage}) \times q_{recycleCH,fuites} \times T_{lnc,recyclage}(h)}{q_{recycleCH,cond}} \quad (353)$$

$$\theta_{air_recycle}(h) = \theta_{air_recycle,cond}(h) - (\theta_{air_recycle,cond}(h) - T_{lnc,recyclage}(h)) \times \left(1 - \exp\left(\frac{H_{cond,recycleCH,ext}}{C_{pa} \times \rho_{air_recycle}(h-1) \times q_{recycleCH,cond}} \right) \right) \quad (354)$$

$$\rho_{air_recycle}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air_recycle}(h))} \quad (355)$$

Pour ce qui est des ventilateurs, on applique les puissances en mode chauffage :

$$P_{vent_rep(recalcule)}(h) = P_{vent_rep_modeCH} \quad (356)$$

$$P_{vent_souf(recalcule)}(h) = P_{vent_sou_modeCH}$$

$$W_{vent(recalcule)}(h) = P_{vent_rep(recalcule)}(h) + P_{vent_souf(recalcule)}(h) \quad (357)$$

La température d'air extrait avant échangeur statique est calculée de la manière suivante :

$$T_{Lnc}^{g,s}(h) = (1 - b_{thermique}^{et}(h)) \times \theta_{i,moy}^g(h) + b_{thermique}^{et}(h) \times \theta_{ext}(h) \quad (358)$$

$$\theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{q_{rep_modeCH,spec}^{g,s} \times \theta_{i,moy}^g(h) + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s} \times T_{Lnc}^{g,s}(h)}{q_{rep_modeCH,cond}^{g,s}} \quad (359)$$

$$\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) = \theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - (\theta_{icond(recalcule)}^{g,s}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h)) \times \left(1 - \exp\left(-\frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \right) \right) \quad (360)$$

$$\theta_{extr1(recalcule)}(h) = \frac{\sum_g (\theta_{extr1(recalcule)}^{g,s}(h) \times \rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep_modeCH,cond}^{g,s})}{3600 \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (361)$$

$$\theta_{extr2(recalcule)}(h) = \theta_{extr1(recalcule)}(h) + \frac{pel \times P_{vent_rep(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalcule)}(h)} \quad (362)$$

L'efficacité de l'échangeur statique reste identique à celle du mode ventilation seule :

$$\varepsilon_{recalcule}(h) = \delta_{bypass}(h) \varepsilon_t \quad (363)$$

$$\theta_{souf1(recalculé)}(h) = \theta_{an}(h) + \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (364)$$

$$\theta_{extr3(recalculé)}(h) = \theta_{extr2(recalcule)}(h) - \varepsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalcule)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (365)$$

Le recyclage d'air est modélisé avec les hypothèses suivantes :

- Le débit volumique recyclé à l'entrée de la centrale de ventilation est constant, égal à $Q_{recycleCH,cond}$,
- Le débit massique d'air neuf soufflé en amont du mélange est conservé par rapport au calcul en mode ventilation seule du pas de temps.

$$q_{m,sou,cond(recalcule)}(h) = \sum_{g,s} q_{m,sou_cond}^{g,s}(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{air_recycle}(h) \times q_{recycleCH,cond} \quad (366)$$

$$\begin{aligned} \theta_{souf_mélange}(h) &= \frac{1}{q_{m,sou,cond(recalcule)}(h)} \left(\sum_{g,s} q_{m,sou_cond}^{g,s}(h) \times \theta_{souf,1(recalcule)}(h) \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{3600} \times \rho_{air_recycle}(h) \times q_{recycleCH,cond} \times \theta_{air_recycle}(h) \right) \end{aligned} \quad (367)$$

$$\theta_{souf2(recalcule)}(h) = \theta_{souf_mélange}(h) + \frac{pel \times P_{vent_sou(recalcule)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond(recalcule)}(h)} \quad (368)$$

$$\theta_{air_souffle(recalculé)}(h) = \theta_{souf2(recalculé)}(h) \quad (369)$$

$$\rho_{air,souffle(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air,souffle(recalcule)}(h))} \quad (370)$$

Côté air évacué, la température en sortie de centrale peut être impactée par un recyclage d'air extérieur, visant pour les systèmes associés à un générateur thermodynamique air extrait/air neuf, à compenser l'augmentation de débit soufflé :

$$\theta_{air_extrait(recalcule)}(h) = \frac{q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) \cdot \theta_{extr3(recalcule)}(h) + \frac{\rho_{AN}(h)}{3600} q_{recycleCH,extr} \cdot \theta_{AN}(h)}{q_{m,air_extrait(recalcule)}(h)} \quad (371)$$

$$q_{m,air_extrait(recalcule)}(h) = q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{AN}(h) \times q_{recycleCH,extr} \quad (372)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage, les données de sortie sont les suivantes :

$$q_{m_sou_spec(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \times \rho_{air_souffle(recalcule)}(h) \times q_{sou_modeCH_spec}^{g,s} \quad (373)$$

$$q_{m_sou_cond(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{1}{3600} \times \rho_{air_souffle(recalcule)}(h) \times q_{sou_modeCH_cond}^{g,s}$$

$$\begin{aligned} & \theta_{air_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h) \\ &= \theta_{air_souffle(recalcule)}(h) - \left(\theta_{air_souffle(recalcule)}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond(recalcule)}^{g,s}(h)} \right) \right) \end{aligned} \quad (374)$$

$$\begin{aligned} Q_{sys_ch(recalcule)}^{g,s}(h) &= Q_{sys_ch}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot \text{MAX}(0; q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h)] \\ &- q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot [\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé}^{g,s}(h)]) \end{aligned} \quad (375)$$

$$Q_{sys_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys_fr}^{g,s}(h)$$

$$W_{aux_V(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{W_{vent(recalcule)}(h) \times q_{m,sou_spec(recalcule)}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou_spec(recalcule)}^{g,s}(h)} \quad (376)$$

Mode refroidissement avec recyclage d'air intérieur/extérieur

Le modèle est rigoureusement similaire au mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, à ceci près que le jeu de données employé est celui d'indice « FR ».

Au final, en mode refroidissement :

$$\begin{aligned} Q_{sys_fr(recalcule)}^{g,s}(h) &= \text{MIN}[0; Q_{sys_fr}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot (q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h)) \\ &- q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air_soufflé}^{g,s}(h)))] \\ Q_{sys_ch(recalcule)}^{g,s}(h) &= Q_{sys_ch}^{g,s}(h) \end{aligned} \quad (377)$$

16.18.6 METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE : OUTIL DE CONVERSION DES RESULTATS D'ESSAIS SELON LA NORME EN 13141-7 POUR UTILISATION DANS LE MOTEUR REGLEMENTAIRE

16.18.6.1. Introduction

Les résultats d'essais selon la norme NF EN 13141-7 concernent l'ensemble de la centrale de ventilation DFTh, qui peut inclure un récupérateur passif et/ou du recyclage d'air côté intérieur et /ou extérieur.

Dans ces situations, afin de disposer des matrices de performance pour le générateur thermodynamique de chauffage et/ou de refroidissement pouvant être utilisées dans le calcul règlementaire, il est nécessaire d'isoler les performances de la pompe à chaleur de celle de l'ensemble.

En chauffage, étant donné le décalage important des températures de source induit par la présence d'un échangeur ou de fonctions de recyclage, les matrices de performance vers lesquelles aboutissent cette conversion sont celles des PAC de chauffage air extérieur/air recyclé, telles que définies au paragraphe 8.23.3.3.2 de la méthode Th-BCE.

En refroidissement, le décalage est moins important. Aussi, on conserve les matrices de performance des refroidisseurs air extrait/air neuf, telles que définies au paragraphe 8.23.3.5.3 de la méthode Th-BCE 2020.

Un outil de conversion sous forme de tableur Excel est donc fourni en complément de cette méthode. Cet outil de conversion réalise les opérations suivantes :

- L'outil calcule d'une part les températures de sources aval et amonts de la pompe à chaleur à partir des résultats d'essais. Il déduit également de l'énergie fournie par la pompe à chaleur l'énergie fournie par le récupérateur statique pour chaque point d'essai.
- En utilisant les relations d'extrapolation par défaut de COP, EER et puissance absorbée P_{abs} prévues dans la méthode Th-BCE 2020, on reconstruit les matrices de performances complètes à partir du ou des résultats d'essai connus. Pour plus de détails sur les coefficients d'extrapolation conventionnels utilisés (notés C_{nnav} et C_{nnam}), se reporter aux paragraphes 8.23.3.3 et 8.23.3.5 de la méthode Th-BCE 2020

Ces matrices de performance complètes (pour toutes les températures amont et températures aval) peuvent ensuite être reportées dans le calcul règlementaire. Le statut à utiliser dans le calcul règlementaire (certifié ou justifié) est celui des résultats d'essais.

16.18.6.2. Nomenclature

Paramètres de l'outil				
Nom	Description	Unité	Min	Max
Qsouf	Débits d'air neuf soufflé et repris au niveau de la centrale double flux en mode chauffage/refroidissement	m3/h	0	
Qrep				

Qrecycl_souf	Débits d'air recyclé côté air soufflé et air repris.	M3/h	0	
Qrecycl_rep				
ε	Efficacité de l'échangeur en mode chauffage ou refroidissement (certifiée ou justifiée)	-	0	1
Wsouf	Puissances de ventilateurs en mode chauffage/refroidissement	W	0	
Wrep				
COP 20/7	Obligatoire : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur 7°C	-	0	
Pabs 20/7		kW	0	
COP 20/2	Facultatif : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur 2°C	-	0	
Pabs 20/2		kW	0	
COP 20/-7	Facultatif : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur -7°C	-	0	
Pabs 20/-7		kW	0	
EER 27/35	Obligatoire : EER et puissance absorbée à pleine charge par le système DF Th en mode refroidissement dans les conditions intérieur 27°C/extérieur 35°C	-	0	
Pabs 27/35		kW	0	
θan_min (°C)	Température d'air neuf minimale de fonctionnement du système en mode chauffage (si le système est limitée)	°C		

Sorties de l'outil

Nom	Description	Unité	Min	Max
COP(i;j)	Matrice des COP et puissances absorbées à pleine charge certifiées ou justifiées en chauffage	0		
Pabs(i;j)		kW		
EER(i;j)	Matrice des EER et puissances absorbées à pleine charge certifiées ou justifiées en chauffage	0		
Pabs(i;j)		kW		
θmin_am (°C)	Température amont minimale en-dessous de laquelle le système ne peut pas être utilisé.	°C		

Constantes			
Nom	Description	Unité	Val.
Θ_{ref}	Température dans les conditions de référence	°C	20
ρ_{ref}	Masse volumique de l'air dans les conditions de référence.	Kg/m ³	1,2
C_p	Capacité thermique massique de l'air dans les conditions de référence.	J/(kg.K)	1006
Variables internes			
Nom	Description	Unité	Val.
Θ_{an}	Températures d'air neuf et d'air repris	°C	
θ_{rep}			
q_{m_souf}			
q_{m_rep}	Débits massiques d'air neuf soufflé et repris au niveau de la centrale double flux en mode chauffage/refroidissement	kg/h	
$q_{m_recycl_souf}$	Débits d'air recyclé côté air soufflé et air repris.	Kg/h	
$q_{m_recycl_rep}$			
θ_{av}	Températures de sources aval et amont aux bornes de la pompe à chaleur (air entrant)	°C	
θ_{am}			
P_{foutot}	Puissance totale fournie par le système DF Th	kW	
P_{fouech}	Puissance fournie par l'échangeur seul	kW	
$COP_sans_échangeur$	COP de la pompe à chaleur seule	kW	

16.18.6.3. *Description mathématique*

L'utilisation de l'outil en mode chauffage et en mode refroidissement est totalement découplée, ce qui permet de prendre en compte les différences entre les modes. Les paramètres à saisir et la procédure sont globalement les mêmes (ϵ , débits, puissances de ventilateurs, puissance absorbée et COP/EER).

Si à la fois l'efficacité ϵ et les débits de recyclage (Q_{recycl_souf} , Q_{recycl_rep}) sont nuls ou non-définis, les performances du système n'ont pas à être corrigées (cas d'une pompe à chaleur air extrait/air neuf classique). Dans ce cas de figure, l'outil n'affiche pas les données

de sortie, le message d'erreur suivant est affiché : « / ! \ : Le présent outil n'est pas nécessaire en l'absence d'échangeur ou de débits de recyclage de part et d'autre de la pompe à chaleur. »

16.18.6.3.1. Mode chauffage

1^{ère} étape : calcul des performances de la pompe à chaleur sans l'impact de l'échangeur

Pour $\theta_{rep} = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_{an} = -15, -7, 2, 7$ et 20°C , ainsi que pour θ_{an_min} , on calcule l'ensemble des variables intermédiaires suivantes :

$$qm_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = Q_{rep} \times \rho_{ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{rep})$$

$$qm_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = Q_{souf} \times \rho_{ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{an}) \quad (378)$$

$$qm_recycle_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = Q_{rep} \times \rho_{ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{an})$$

$$qm_recycle_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = Q_{souf} \times \rho_{ref} \times (273 + \theta_{ref}) / (273 + \theta_{rep}) \quad (379)$$

$$\theta_{av_Trep/Tan} = \frac{qm_souf_{Trep/Tan} \times (\theta_{an} + \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})) + qm_recycle_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times \theta_{rep}}{qm_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm_recycle_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} + \frac{3600 \times W_{souf}}{\rho_{ref} \times Cp \times (qm_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm_recycle_souf_{\theta_{rep}/\theta_{an}})} \quad (380)$$

$$\theta_{am_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} = \frac{qm_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times (\theta_{rep} - \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})) + qm_recycle_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times \theta_{an}}{qm_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm_recycle_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} + \frac{3600 \times W_{rep}}{\rho_{ref} \times Cp \times (qm_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm_recycle_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}})}$$

Pour les couples de températures pour lesquels on a mesuré les performances en chauffage au cours des essais ($\theta_{rep} = 20^\circ\text{C}$, $\theta_{an} = 7^\circ\text{C}$ et éventuellement 2°C , -7°C), on détermine les performances du DF Th hors impact de l'échangeur :

Si les performances ont été déterminées selon la NF EN 13141-7

$$Pf_{outot_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} = COP_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times Pabs_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \quad (381)$$

$$Pfouech_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = \frac{1}{1000 \times 3600} \times qm_souf \times Cp \times \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})$$

$$COP_sans_échangeur_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = \frac{Pfoutot_{\theta_{rep} / \theta_{an}} - Pfouech_{\theta_{rep} / \theta_{an}}}{Pabs_{\theta_{rep} / \theta_{an}}} \quad (382)$$

Par ailleurs, la température d'air neuf minimale de fonctionnement du système ramenée à la température amont de la pompe à chaleur est la suivant :

$$\theta_{min_am} = \theta_{am_{20 / \theta_{an_min}}} \quad (383)$$

2^{ème} étape : construction de matrices de performances intermédiaires de COP et de Pabs

On souhaite dans cette seconde étape construire des matrices de performances complètes aux différents points de fonctionnement introduits ci-dessus.

La construction de cette matrice s'inspire de la méthode Th-BCE, paragraphe 8.23.3.7 On utilise les relations linéaires permettant de connaître le COP et la puissance absorbée en tout point de la matrice (coefficients Cnav_Cop, Cnam_Cop, Cnav_Pabs et Cnam_Pabs) pour une pompe à chaleur air extérieur/air recyclé.

$$\frac{COP_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{COP_{\theta_{am} / \theta_{av_{20/7}}}} = \frac{-0.020 \times \theta_{av} + 0.14}{-0.020 \times \theta_{av_{20/7}} + 0.14} \quad (384)$$

$$\frac{COP_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{COP_{\theta_{am_{20/7}} / \theta_{av}}} = \frac{0.026 \times \theta_{am} + 0.76}{0.026 \times \theta_{am_{20/7}} + 0.76}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av_{20/7}}}} = \frac{-0.010 \times \theta_{av} + 1.2}{-0.010 \times \theta_{av_{20/7}} + 1.2}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am_{20/7}} / \theta_{av}}} = \frac{-0.001 \times \theta_{am} + 0.93}{-0.001 \times \theta_{am_{20/7}} + 0.93} \quad (385)$$

Afin de valoriser les valeurs de COP/Pabs facultatives, la construction des matrices a lieu de la manière suivante :

θ_{an}	θ_{rep} $\theta_{av} \backslash \theta_{am}$	20°C				
		$\theta_{am} 20/-15$	$\theta_{am} 20/-7$	$\theta_{am} 20/2$	$\theta_{am} 20/7$	$\theta_{am} 20/20$
-15°C	$\theta_{av} 20/-15$	←	↑	↑	↑	→
-7°C	$\theta_{av} 20/-7$	←	Facultatif	↑	↑	→
2°C	$\theta_{av} 20/2$	←	←	Facultatif	↑	→
7°C	$\theta_{av} 20/7$	←	←	←	Obligatoire	→
20°C	$\theta_{av} 20/20$	←	←	←	↓	→

3^{ème} étape : transformation des matrices obtenues vers les matrices définitives attendues par la méthode Th-BCE

A ce stade, on dispose de matrices qui décrivent bien les performances de la pompe à chaleur prise séparément du système DF Th... seulement les entrées de la matrice (θ_{av} et θ_{am} correspondant aux lignes et colonnes) ne sont pas celles attendues par la description des performances dans la méthode Th-BCE.

Pour cette raison, on utilise l'algorithme de calcul de COP et de Pabs à pleine charge à des températures aval/amont quelconques de la méthode Th-BCE (paragraphe 8.23.3.7) pour remonter aux valeurs souhaitées.

On peut ainsi remplir complètement les matrices d'une PAC air extérieur/air recyclé utilisable dans le moteur de calcul règlementaire.

Pour rappel, ces matrices ont les entrées imposées suivantes :

COP			θam(°C)				
			-15.0	-7.0	2.0	7.0	20.0
		Priorité	5	2	3	1	4
θ av (°C)	5.0	5					
	10.0	4					
	15.0	2					
	20.0	1					
	25.0	3					

Pabs kW			θam (°C)					
			-15.0	-7.0	2.0	7.0	20.0	
			Priorité	5	2	3	1	4
θ av (°C)	5.0	5						
	10.0	4						
	15.0	2						
	20.0	1						
	25.0	3						

16.18.6.3.2. Mode refroidissement

1^{ère} étape : calcul des performances de la pompe à chaleur sans l'impact de l'échangeur

Pour $\theta_{rep} = 27^{\circ}\text{C}$ et $\theta_{an} = 5, 15, 25, 35$ et 45°C , on calcule l'ensemble des variables intermédiaires évoquées au 16.18.6.3.1. Les relations sont identiques.

Pour le couple de températures pour lequel on a mesuré les performances en refroidissement au cours des essais ($\theta_{rep} = 27^\circ\text{C}$, $\theta_{an} = 35^\circ\text{C}$), on détermine les performances du DF Th hors impact de l'échangeur :

Si les performances ont été déterminées selon la NF EN 13141-7

$$Pf_{outot}_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = EER_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times Pabs_{\theta_{rep}/\theta_{an}}$$

$$Pf_{ouech}_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = -\frac{1}{1000 \times 3600} \times qm_souf \times C_p \times \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an}) \quad (386)$$

$$EER_sans_échangeur_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = \frac{Pf_{outot}_{\theta_{rep}/\theta_{an}} - Pf_{ouech}_{\theta_{rep}/\theta_{an}}}{Pabs_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} \quad (387)$$

2^{ème} étape : construction de matrices de performances intermédiaires de COP et de P_{abs}

On souhaite dans cette seconde étape construire des matrices de performances complètes aux différents points de fonctionnement introduits ci-dessus.

La construction de cette matrice s'inspire de la méthode Th-BCE, paragraphe 8.23.3.7 On utilise les relations linéaires permettant de connaître le EER et la puissance absorbée en tout point de la matrice (coefficients Cnav_EER, Cnam_EER, Cnav_Pabs et Cnam_Pabs) pour une pompe à chaleur air extrait/air neuf.

$$\frac{EER_{\theta_{am}/\theta_{av}}}{EER_{\theta_{am}/\theta_{av_{27/35}}}} = \frac{0.012 \times \theta_{av} + 0.62}{0.012 \times \theta_{av_{20/7}} + 0.62} \quad (388)$$

$$\frac{EER_{\theta_{am}/\theta_{av}}}{EER_{\theta_{am_{27/35}}/\theta_{av}}} = \frac{-0.018 \times \theta_{am} + 1.5}{-0.018 \times \theta_{am_{20/7}} + 1.5}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am}/\theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am}/\theta_{av_{27/35}}}} = \frac{0.012 \times \theta_{av} + 0.62}{0.012 \times \theta_{av_{20/7}} + 0.62} \quad (389)$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am}/\theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am_{27/35}}/\theta_{av}}} = \frac{-0.010 \times \theta_{am} + 1.27}{-0.010 \times \theta_{am_{20/7}} + 1.27}$$

La construction des matrices a lieu de la même manière qu'en chauffage :

θ_{an}	θ_{rep} $\theta_{av} \backslash \theta_{am}$	27°C				
		$\theta_{am} 27/5$	$\theta_{am} 27/15$	$\theta_{am} 27/25$	$\theta_{am} 27/35$	$\theta_{am} 27/45$
5°C	$\theta_{av} 27/5$					
15°C	$\theta_{av} 27/15$					
25°C	$\theta_{av} 27/25$					
35°C	$\theta_{av} 27/35$				Obligatoire	
45°C	$\theta_{av} 27/45$					

3^{ème} étape : transformation des matrices obtenues vers les matrices définitives attendues par la méthode Th-BCE

La procédure est la même qu'en chauffage.

Pour rappel, les matrices pour un refroidisseur air extrait/air neuf ont les entrées imposées suivantes :

EER -			$\theta_{am} (^{\circ}\text{C})$			
			22.0	27.0	32.0	37.0
Priorité			3	1	2	4
$\theta_{av} (^{\circ}\text{C})$	5.0	5				
	15.0	4				
	25.0	2				
	35.0	1				
	45.0	3				

Pabs kW			$\theta_{am} (^{\circ}\text{C})$			
			22.0	27.0	32.0	37.0
Priorité			3	1	2	4
$\theta_{av} (^{\circ}\text{C})$	5.0	5				
	15.0	4				
	25.0	2				
	35.0	1				
	45.0	3				

16.19 C_GEN_GECO_PKOM⁴ Classic

16.19.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système PKOM⁴ Classic dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Le système PKOM⁴ Classic est une ventilation double-flux thermodynamique assurant, en plus de la ventilation, le chauffage et le refroidissement par l'intermédiaire d'une PAC Air extrait/Air neuf ainsi que la production de l'ECS par l'intermédiaire d'une PAC Air extrait/Eau. Lors de besoins simultanés d'ECS et de froid, une récupération totale de la chaleur de condensation est réalisée.

Ce système se compose des éléments suivants :

- Des ventilateurs de soufflage et de reprise ;
- Des gaines aérauliques, bouches de soufflage et reprise associées ;
- Un récupérateur passif (échangeur statique à contre-courant) équipé d'une fonction by-pass ;
- Un récupérateur actif de type PAC à compression électrique Air extrait/Air neuf réversible pour assurer la production de chauffage et de refroidissement,
- Un récupérateur actif de type PAC à compression électrique Air extrait/Eau pour assurer la production de l'ECS ;
- D'organes permettant la variation de débits afin d'augmenter la puissance de chauffage et de refroidissement par le vecteur air ;
- D'organes permettant l'adjonction à l'air extrait d'un débit additionnel d'air extérieur afin d'augmenter la puissance disponible en production d'ECS,
- Un ballon de stockage intégrant une résistance électrique d'appoint.

16.19.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend aux bâtiments climatisés de catégorie CE1 de types maisons individuelles, accolées ou non, et bâtiments collectifs à usage d'habitation soumis à la RE2020.

16.19.3 NOMENCLATURE

Le Tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du module						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h	-	-	-	
θ_{aval}	Température de la source aval pour chaque poste (Chauffage, refroidissement, ECS)	°C	-		-	
θ_{amont}	Température de la source amont	°C	-		-	
θ_{air_mel}	Température du mélange d'air	°C	-	-	-	
$id_{fonction}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS	Ent.	1	3	-	
Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	Wh	-		-	
R_{puis_dispo}	Ratio de puissance disponible	Réel	0	1	-	
id_{ECS_seule}	Indicateur de production d'ECS seule	Bool.	0	1	-	
T_e	Température extérieure d'air sec	°C	-		-	
ρ_{ext}	Masse volumique de l'air extérieur	kg/m ³			-	
$Q_{m_air_extrait}$	Débit massique d'air extrait	kg/s	-		-	
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
Name	Nom de l'objet	-	-	-	-	
Id_Source_Amont	Identifiant de la source amont	Ent.	1	$+\infty$	-	
Statut_Donnee_Ch	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées en Chauffage	Ent.	1	2	-	
Performance_Ch	Matrice des performances en chauffage (COP)	Réel	0	$+\infty$	-	
P_{abs_Ch}	Matrice des puissances absorbées à pleine charge en chauffage	kW	0	$+\infty$	-	
COR_Ch	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2) en chauffage	Ent.	0	2	-	
Statut_Val_Pivot_Ch	Statut de la valeur pivot en chauffage :	Ent.	0	2	-	

Val_Cop_Ch	Valeur pivot déclarée de la performance (COP) en chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_Ch	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée en chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	0	$+\infty$	-
Lim_Theta_Ch	Arrêt de la PAC dû aux limites des températures des sources en Chauffage ou ECS	Ent.	0	2	-
Theta_Max_Av_Ch	Température maximale aval au-delà de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner en Chauffage ou ECS	°C	0	$+\infty$	-
Theta_Min_Am_Ch	Température minimale amont en-dessous de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner en Chauffage ou ECS	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Statut_Fonct_Part_Ch	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	0	2	-
Fonctionnement_Compresseur_Ch	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	1	2	-
Statut_Fonctionnement_Continu_Ch	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	0	2	-
LRcontmin_Ch	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	0	1	-
CCP_LRcontmin_Ch	Correction de performance en fonction de la charge à LRcontmin	Réel	0	2	-
Statut_Taux_Ch	Statut du Taux en Chauffage	Ent.	0	2	-
Taux_Ch	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale en Chauffage	Réel	0	1	-
Qv_Air_evap_tot_Ecs	Débit volumique total d'air traversant l'évaporateur en mode ECS	m3/h	0	$+\infty$	-
Statut_Donnee_Ecs	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées en ECS	Ent.	1	2	-
Theta_Aval_Ecs	Valeurs des températures aval fonctionnement ECS	Ent.	0	7	-
Theta_Amont_Ecs	Valeurs des températures amont en fonctionnement ECS	Ent.	0	5	-
Performance_Ecs	Matrice des performances en ECS (COP)	Réel	0	$+\infty$	-
Pabs_Ecs	Matrice des puissances absorbées à pleine charge en ECS	kW	0	$+\infty$	-

COR_Ecs	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2) en ECS	Ent.	0	2	-
Statut_Val_Pivot_Ecs	Statut de la valeur pivot en ECS :	Ent.	0	2	-
Val_Cop_Ecs	Valeur pivot déclarée de la performance (COP) en ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_Ecs	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée en ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	0	$+\infty$	-
Statut_Fonct_Part_Ecs	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	0	2	-
Fonctionnement_Compresseur_Ecs	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	1	2	-
Statut_Fonctionnement_Continu_Ecs	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	0	2	-
LRcontmin_Ecs	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	0	1	-
CCP_LRcontmin_Ecs	Correction de performance en fonction de la charge à LRcontmin	Réel	0	2	-
Statut_Donnee_Fr	Statut des données concernant l'existence de valeurs de performance certifiées ou mesurées en refroidissement	Ent.	1	2	-
Performance_Fr	Matrice des performances en refroidissement (EER)	Réel	0	$+\infty$	-
Pabs_Fr	Matrice des puissances absorbées à pleine charge en refroidissement	kW	0	$+\infty$	-
COR_Fr	Matrice des indicateurs de certification (1) ou de justification (2) en refroidissement	Ent.	0	2	-
Statut_Val_Pivot_Fr	Statut de la valeur pivot en refroidissement	Ent.	0	2	-
Val_Cop_Fr	Valeur pivot déclarée de la performance (EER) en refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	Réel	0	$+\infty$	-
Val_Pabs_Fr	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée en refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	kW	0	$+\infty$	-
Lim_Theta_Fr	Arrêt de la PAC dû aux limites des températures des sources en refroidissement	Ent.	0	2	-

Theta_Min_Av_Fr	Température minimale aval en mode froid en-dessous de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner	°C	-∞	+∞	-
Theta_Max_Am_Fr	Température maximale amont en mode froid au-dessus de laquelle la PAC ne peut plus fonctionner	°C	0	+∞	-
Statut_Fonct_Part_Fr	Statut de la définition des performances à charge partielle	Ent.	0	2	-
Fonctionnement_Compresseur_Fr	Type de fonctionnement du compresseur	Ent.	1	2	-
Statut_Fonctionnement_Continu_Fr	Statut des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu	Ent.	0	2	-
LR _{contmin_Fr}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu	Réel	0	1	-
CCP_LR _{contmin_Fr}	Correction de performance en fonction de la charge à LR _{contmin}	Réel	0	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité			
Q _{fou}	Énergie totale effectivement fournie par les générateurs de base et d'appoint.	Wh	0	+∞	
Q _{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	0	+∞	
Q _{rest}	Énergie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	+∞	
{Q _{cef} (fonct.;en.)}	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	0	+∞	
Φ _{rejet}	Énergie rejetée par le générateur	Wh	0	+∞	
T _{charge}	Taux de charge du générateur	Réel	0	1	
W _{aux_pro}	Consommation des auxiliaires du générateur	Wh	0	+∞	
Q _{pr_elec}	Production électrique du générateur	Wh	0	+∞	

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
ValCOP(θ _{amont} ; θ _{aval})	Méthode d'interpolation du COP au couple θ _{amont} / θ _{aval}	-	-	-	
ValEER(θ _{amont} ; θ _{aval})	Méthode d'interpolation de l'EER au couple θ _{amont} / θ _{aval}	-	-	-	

ValPabs(θ_{amont} θ_{aval})	; Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple θ_{amont} / θ_{aval}	-	-	-	
LR	Taux de charge du générateur	Réel	0	1	
Qreq_act	Énergie requise par générateur pour la fonction sollicité (ECS/CH/FR)	Wh	0	$+\infty$	
Qrest_act	Énergie restant à fournir par générateur pour la fonction sollicité (ECS/CH/FR)	Wh	0	$+\infty$	
RECS-REF	Délai de basculement entre la fonction ECS et refroidissement	min	0	$+\infty$	0
Rdim	Nombre de générateurs identiques	Ent.	1	$+\infty$	-
Idpriorite_Ch	Indice de priorité en Chauffage	Ent.	1	$+\infty$	1
Idpriorite_Ecs	Indice de priorité en ECS	Ent.	1	$+\infty$	1
Idpriorite_Fr	Indice de priorité en refroidissement	Ent.	1	$+\infty$	1
Typo_Emetteur_Ch	Typologies du système d'émission pour le chauffage	Ent.	1	4	-
Typo_Emetteur_Fr	Typologies du système d'émission pour le refroidissement	Ent.	1	4	-
pair_extrait	Masse volumique de l'air extrait	Kg/m ³			
Qv_air_exterieur_add	Débit volumique additionnel d'air extérieur	m ³ /h	0	$+\infty$	-
Qm_air_exterieur_add	Débit massique additionnel d'air extérieur	kg/s	0	$+\infty$	-
Qm_air_mel	Débit massique d'air après mélange	kg/s	0	$+\infty$	-
θ_{amont}	Température d'air après mélange	°C	-	-	-
$\Phi_{\text{rejet_exp_ECS}}$	Rejet exploitable en froid lié à la production de l'ECS	Wh	0	$+\infty$	-
Ret ^{gnr}	Rendement de récupération du rejet en chaud des générateurs de type thermofrigopompes	Réel	0	1	0,6
Qfou_rejet_ECS	Energie fournie par le rejet ECS	Wh	0	$+\infty$	-
Qreq_corr_Fr	Energie requise en froid corrigée du rejet exploitable lié à la production de l'ECS	Wh	0	$+\infty$	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
-----	-------------	-------	-----	-----	-------

Tableau 23 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.19.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.19.4.1. *Modélisation de l'assemblage thermodynamique*

L'assemblage est modélisé en s'appuyant sur la méthode de calcul Th-BCE 2020 pour la modélisation des générations de chauffage et de refroidissement et d'une production d'ECS par générateur thermodynamique électrique.

La méthode de calcul est adaptée de manière à prendre en compte les spécificités du système PKOM⁴ Classic, notamment celles liées au principe de fonctionnement en mode récupération d'énergie lors de besoins simultanés d'ECS et de froid ainsi que l'adjonction d'un débit d'air extérieur additionnel lors d'un fonctionnement en ECS seule.

Les différentes générations de l'assemblage sont modélisées en reprenant les algorithmes relatifs aux générateurs thermodynamiques électriques du chapitre « 8.23¹⁵ » et sont décrites ci-dessous :

- Production d'ECS modélisée en se référant aux chapitres « 8.23.3.4 Création des matrices de performance à pleine charge en mode production ECS », et « 8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle », de la méthode Th-BCE 2020;
- Génération de chauffage modélisée en se référant aux paragraphes « 8.23.3.3 Création des matrices de performance à pleine charge en mode chauffage », et « 8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle », de la méthode Th-BCE 2020;
- Génération de refroidissement modélisée référer aux paragraphes « 8.23.3.5 Création des matrices de performance à pleine charge en mode refroidissement », et « 8.23.3.7.4 Calcul des performances à charge partielle », de la méthode Th-BCE 2020.

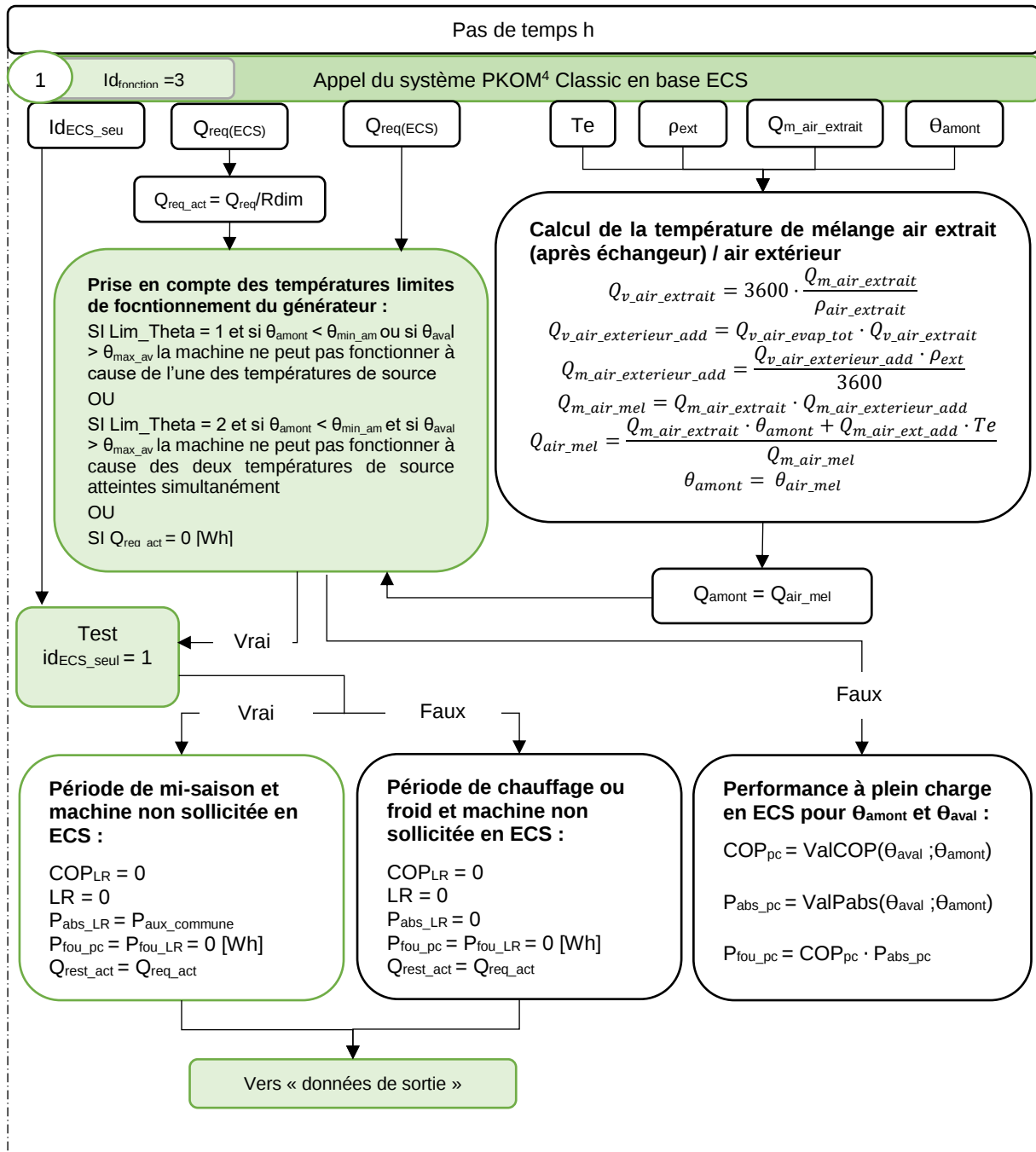
La méthode de calcul pour les systèmes de ventilation double-flux thermodynamique (DFTh), qui fait l'objet d'un chapitre spécifique dans la méthode de calcul Th-BCE 2020, doit être appliquée dans le cas d'une « Configuration B » pour :

- La modélisation de la fonction ventilation double-flux du système,
- L'obtention des performances en chauffage et refroidissement (COP ou EER et Pabs) par l'intermédiaire de l'outil de conversion des résultats d'essais selon la norme EN 13141-7.

¹⁵Méthode de calcul Th-BCE 2020, annexe III de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R 172-6 du code de la construction et de l'habitation : <http://www.rwt-batiment.fr/textes-reglementaires-a617.html>.

16.19.4.1.1. Fonctionnement en mode ECS

16.19.4.1.1.1. Performances à pleine charge en ECS



16.19.4.1.1.2. Format de matrice de performance

IdFluide_amont = 1: air;

Val_Util_Max = 2,7

La matrice de performances de la PAC air extérieur / eau en mode ECS est la suivante.

		Θamont (air extérieur)				
	Θamont >	- 7	2	7	20	35
Θaval	Priorité	4	2	1	3	5
5	7					
15	5					
25	3					
35	2					
45	1			Pivot		
55	4					
65	6					

Tableau 24 – Matrice de performance de la PAC air extérieur / eau en mode ECS.

La valeur pivot à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 7 \text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 45 \text{ °C}$;

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta_Aval_Ecs}$ 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	1 : 7 °C
2 : 45°C, 35 °C,	2 : 7 °C, 2 °C
3 : 45°C, 35 °C, 25 °C,	3 : 7 °C, 2 °C, 20 °C
4 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,	4 : 7 °C, 2 °C, 20 °C, -7 °C
5 : 45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,	5 : 7 °C, 2 °C, 20 °C, -7 °C, 35 °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	

Tableau 25 – Ordre de saisie des températures aval et amont des PAC air extérieur / eau (ECS).

16.19.4.1.1.3. Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Pour chaque valeur de la matrice {Performance_Ecs(i ;j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_Ecs = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

$$\begin{aligned} \forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) &= 1, \\ COP_{util}(i, j) &= performance_Ecs(i, j) \\ \forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) &= 2, \\ COP_{util}(i, j) &= performance_Ecs(i, j) \times 0,9 \end{aligned}$$

Si Statut_données_PC_Ecs = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées) (390)

Si Statut_val_pivot_Ecs = 1 (valeur de COP pivot déclarée)

$$COP_{util}(5,3) = MIN(0,8 \times Val_COP_Ecs ; Val_util_max)$$

Si Statut_val_pivot_Ecs = 2 (valeur de COP pivot par défaut)

$$COP_{util}(5,3) = 0,8 \times Val_util_max$$

16.19.4.1.1.4. Calcul des valeurs par défaut

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_COP(35,45) = 1.2	Cnnam_COP(2,7) = 0.80
Cnnav_COP(25,45) = 1.4	Cnnam_COP(20,7) = 1.25
Cnnav_COP(55,45) = 0.8	Cnnam_COP(- 7,7) = 0.50
Cnnav_COP(15,45) = 1.6	Cnnam_COP(35,7) = 1.50
Cnnav_COP(65,45) = 0.6	
Cnnav_COP(5,45) = 1.8	

Tableau 26 – 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 :

$$\begin{aligned}
&\text{si } \{COP_util(1,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(1,3)\} = \{COP_util(5,3)\} \times Cnnav_COP(5, 45) \\
&\text{si } \{COP_util(2,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(2,3)\} = \{COP_util(5,3)\} \times Cnnav_COP(15, 45) \\
&\text{si } \{COP_util(3,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(3,3)\} = \{COP_util(5,3)\} \times Cnnav_COP(25, 45) \\
&\text{si } \{COP_util(4,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(4,3)\} = \{COP_util(5,3)\} \times Cnnav_COP(35, 45) \\
&\text{si } \{COP_util(6,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(6,3)\} = \{COP_util(5,3)\} \times Cnnav_COP(55, 45) \\
&\text{si } \{COP_util(7,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(7,3)\} = \{COP_util(5,3)\} \times Cnnav_COP(65, 45)
\end{aligned} \tag{391}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :

Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à N θ aval

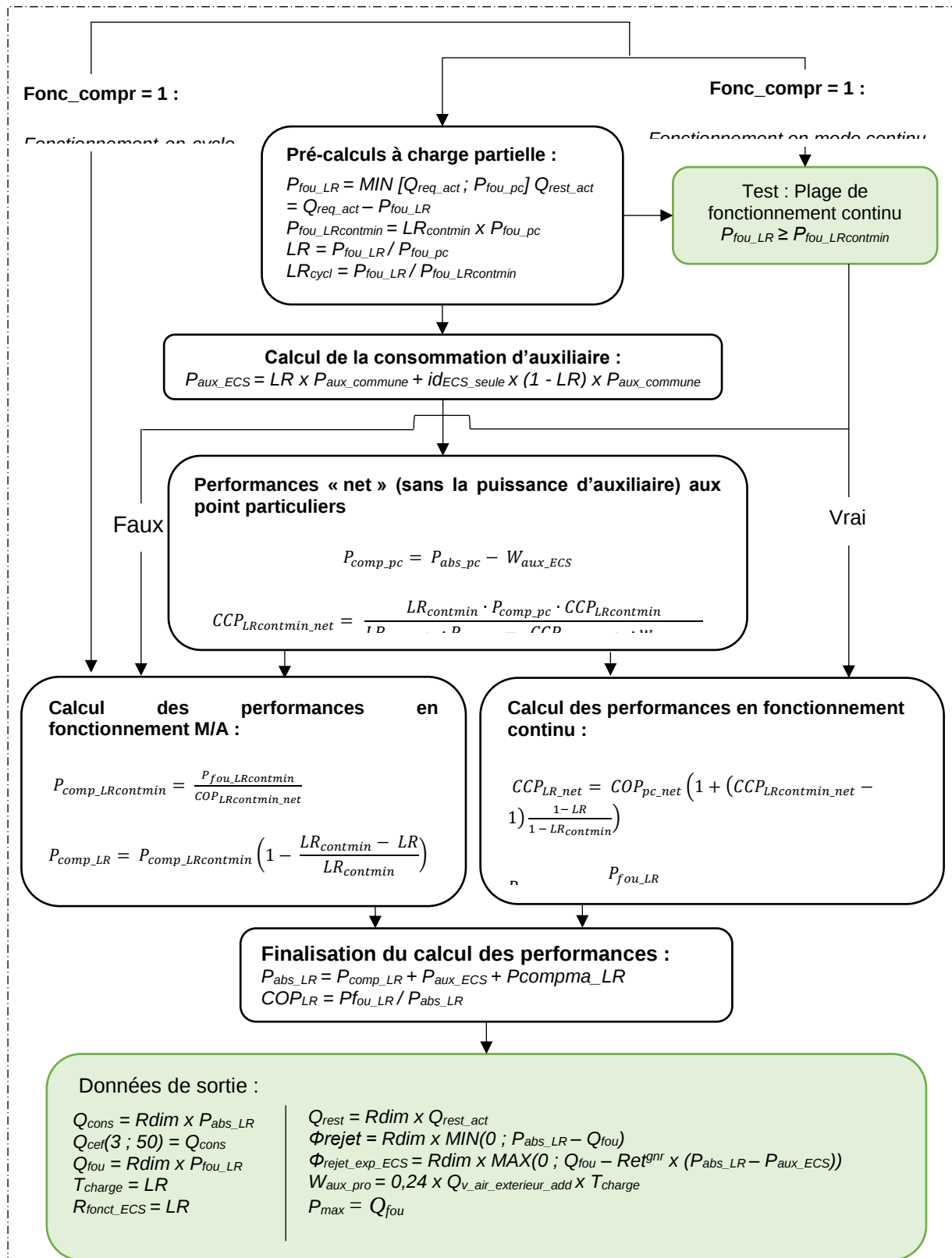
$$\begin{aligned}
&\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(-7, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(2, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(20, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(35, 7)
\end{aligned} \tag{392}$$

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) :

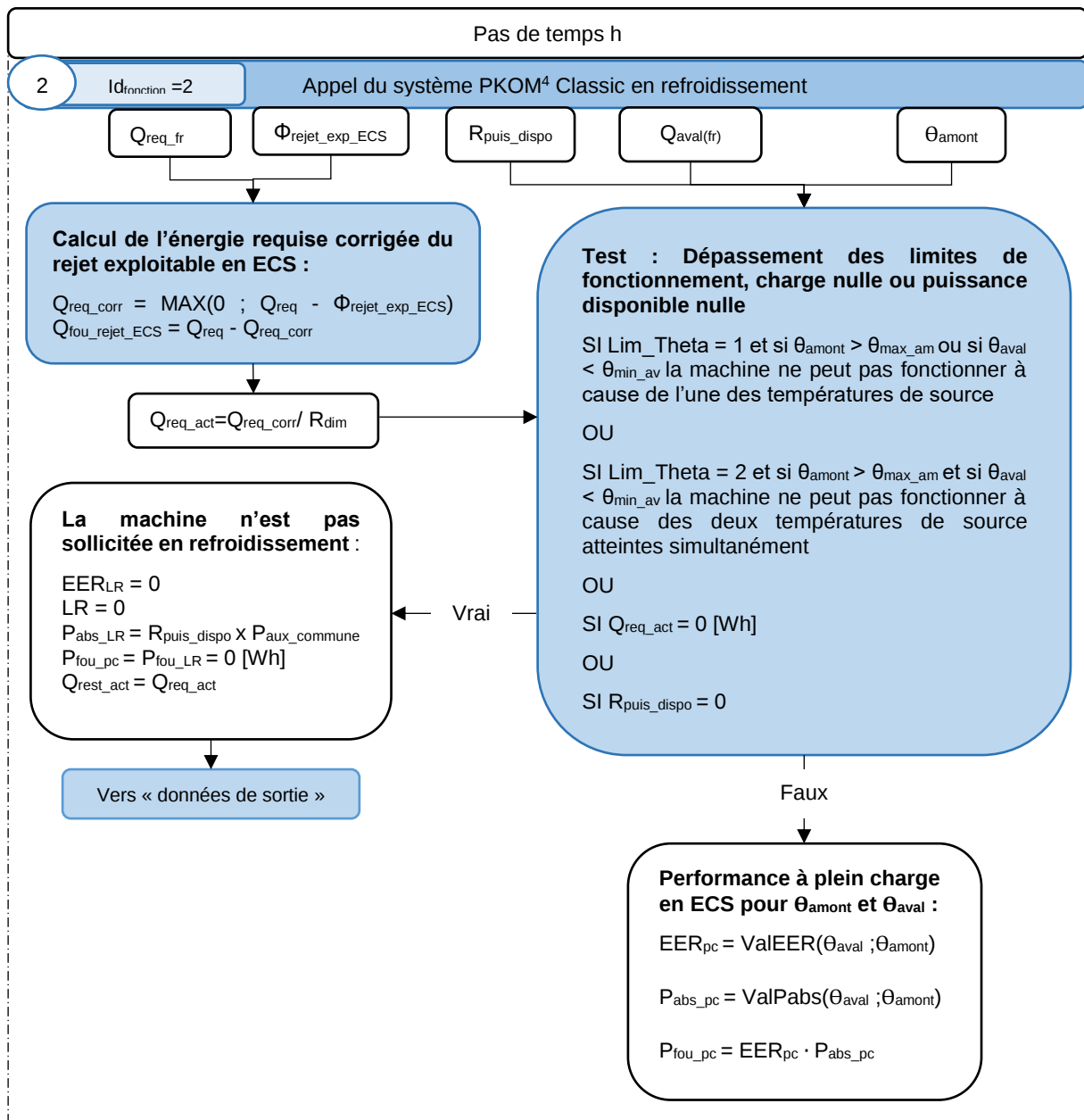
Températures aval	Températures amont
Cnnav_Pabs(35,45) = 1.10	Cnnav_Pabs(2, 7) = 0.95
Cnnav_Pabs(25,45) = 1.20	Cnnav_Pabs(20, 7)=1.13
Cnnav_Pabs(55,45) = 0.90	Cnnav_Pabs(-7, 7)= 0.86
Cnnav_Pabs(15,45) = 1.30	Cnnav_Pabs(35, 7)= 1.28
Cnnav_Pabs(65,45) = 0.80	
Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40	

Tableau 27 – PAC air extérieur/eau (ECS), coefficients Cnn pour Pabs.

16.19.4.1.1.5. Performances à charge partielle ou nulle



16.19.4.1.2. Fonctionnement en mode refroidissement ($id_{fonction} = 2$)



16.19.4.1.2.1. Format de matrice de performance

IdFluide_aval = 2: air;

IdFluide_amont = 2: eau;

Val_Util_Max = 2,7

La matrice de performances de la PAC air extérieur / eau en mode refroidissement est la suivante.

				Θ_{amont} (air extérieur)				
$\Theta_{\text{départ}}$ (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				Pivot	
12,5	17,5	15	3					
18	23	20,5	2					
23,5	28,5	26	4					

Tableau 28 : Matrice de performance du refroidisseur air extérieur / eau

La valeur pivot à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\Theta_{\text{amont}} = 35\text{ °C}$; $\Theta_{\text{aval}} = 9.5\text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres M_θ_Aval_Fr et M_θ_Amont_Fr, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : M_θ_Aval_Fr	Températures amont : M_θ_Amont_Fr
1 : 9.5 °C	1 : 35 °C
2 : 9.5°C, 20.5°C,	2 : 25 °C, 35 °C
3 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C	3 : 15 °C, 25 °C, 35 °C
4 : 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	4 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C
5 : 4°C, 9.5°C, 15 °C, 20.5°C, 26 °C	5 : 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C

Tableau 29 – Ordre de saisie des températures aval et amont du refroidisseur air extérieur / eau.

16.19.4.1.2.2. Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Pour chaque valeur de la matrice {Performance_fr(i ;j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_Fr = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

$$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 1, \\ COP_{util}(i, j) = performance_Fr(i, j)$$

$$\forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) = 2, \\ COP_{util}(i, j) = performance_Fr(i, j) \times 0,9$$

Si Statut_données_PC_Fr = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées) (393)

Si Statut_val_pivot_Fr = 1 (valeur de COP pivot déclarée)

$$COP_{util}(2,4) = MIN(0,8 \times Val_COP_Fr ; Val_util_max)$$

Si Statut_val_pivot_Fr = 2 (valeur de COP pivot par défaut)

$$COP_{util}(2,4) = 0,8 \times Val_util_max$$

16.19.4.1.2.3. Calcul des valeurs par défaut

Les EER non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios suivants :

Températures aval	Températures amont
Cnnav_EER(20.5, 9.5) = 1.15	Cnnam_EER(25, 35) = 1.2
Cnnav_EER(15, 9.5) = 1.075	Cnnam_EER(15, 35) = 1.4
Cnnav_EER(26, 9.5) = 1.225	Cnnam_EER(5, 35)=1.6
Cnnav_EER(4, 9.5) = 0.9	Cnnam_EER(45, 35)= 0.8

Tableau 30 – Refroidisseur air extérieur/eau, coefficients Cnn pour l'EER.

Le calcul est mené en commençant par l'impact des températures amont (propagation sur la colonne de la valeur pivot), puis par celui des températures aval (propagation sur toutes les lignes en partant de la colonne pivot). On conserve au cours de cette procédure l'ensemble des valeurs de performance déjà définie à partir de la saisie. Ainsi :

- La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned} &\text{si } \{EER_util(1,4)\} = 0 \\ &\quad \{EER_util(1,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(4, 9.5) \\ &\text{si } \{EER_util(3,4)\} = 0 \\ &\quad \{EER_util(3,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(15, 9.5) \\ &\text{si } \{EER_util(4,4)\} = 0 \\ &\quad \{EER_util(4,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(20.5, 9.5) \\ &\text{si } \{EER_util(5,4)\} = 0 \\ &\quad \{EER_util(5,4)\} = \{EER_util(2,4)\} \times Cnnav_EER(26, 9.5) \end{aligned} \quad (394)$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :
Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$

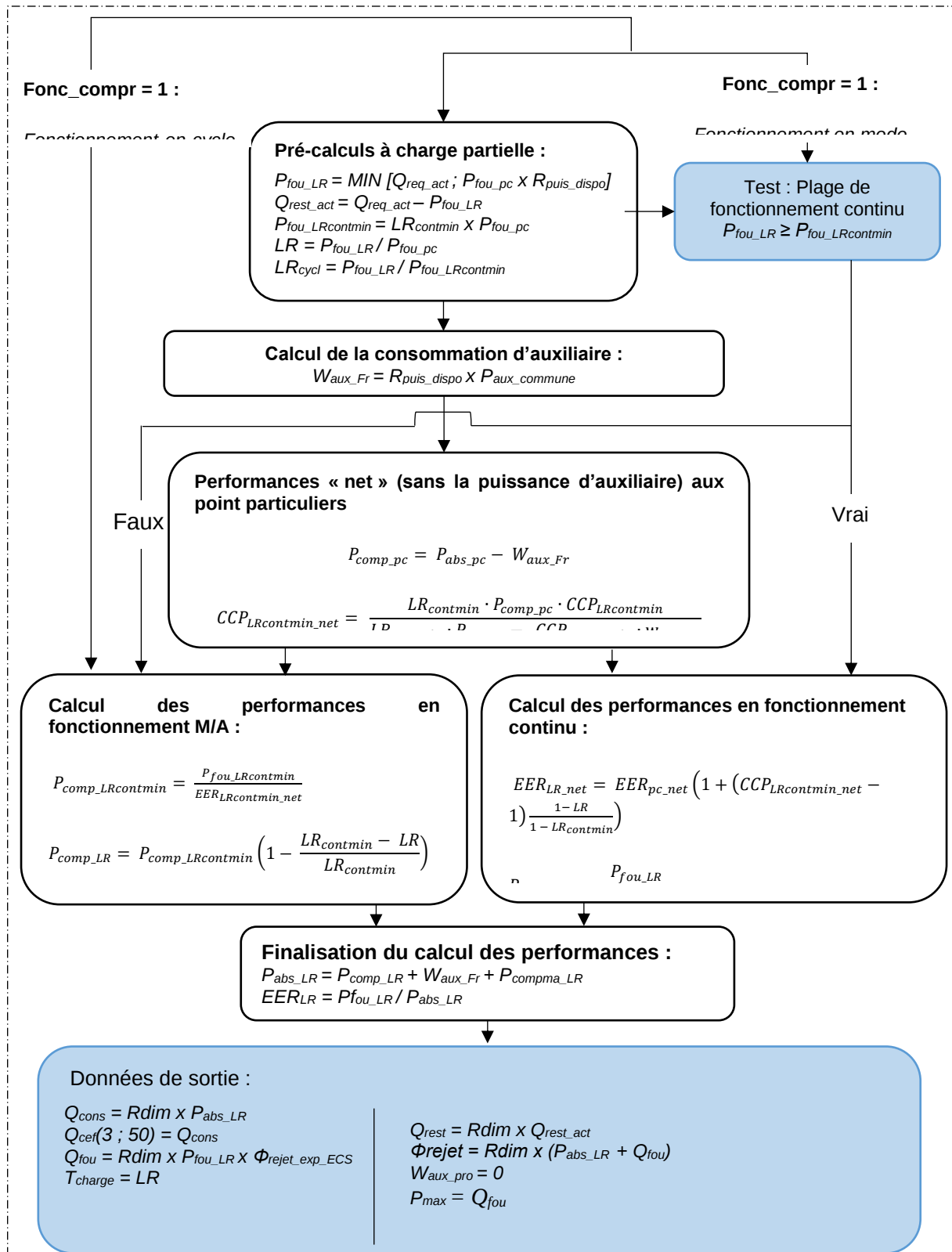
$$\begin{aligned}
 &\text{si } \{EER_util(i,2)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,2)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(15, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,3)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,3)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(25, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,5)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,5)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(45, 35) \\
 &\text{si } \{EER_util(i,1)\} = 0 \\
 &\quad \{EER_util(i,1)\} = \{EER_util(i,4)\} \times Cnnav_EER(5, 35)
 \end{aligned} \tag{395}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{EER_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_Pabs(20.5, 9.5) = 1.11$	$Cnnav_Pabs(25, 35) = 1.1$
$Cnnav_Pabs(15, 9.5) = 1.055$	$Cnnav_Pabs(15, 35) = 1.2$
$Cnnav_Pabs(26, 9.5) = 1.165$	$Cnnav_Pabs(5, 35) = 1.3$
$Cnnav_Pabs(4, 9.5) = 0.945$	$Cnnav_Pabs(45, 35) = 0.9$

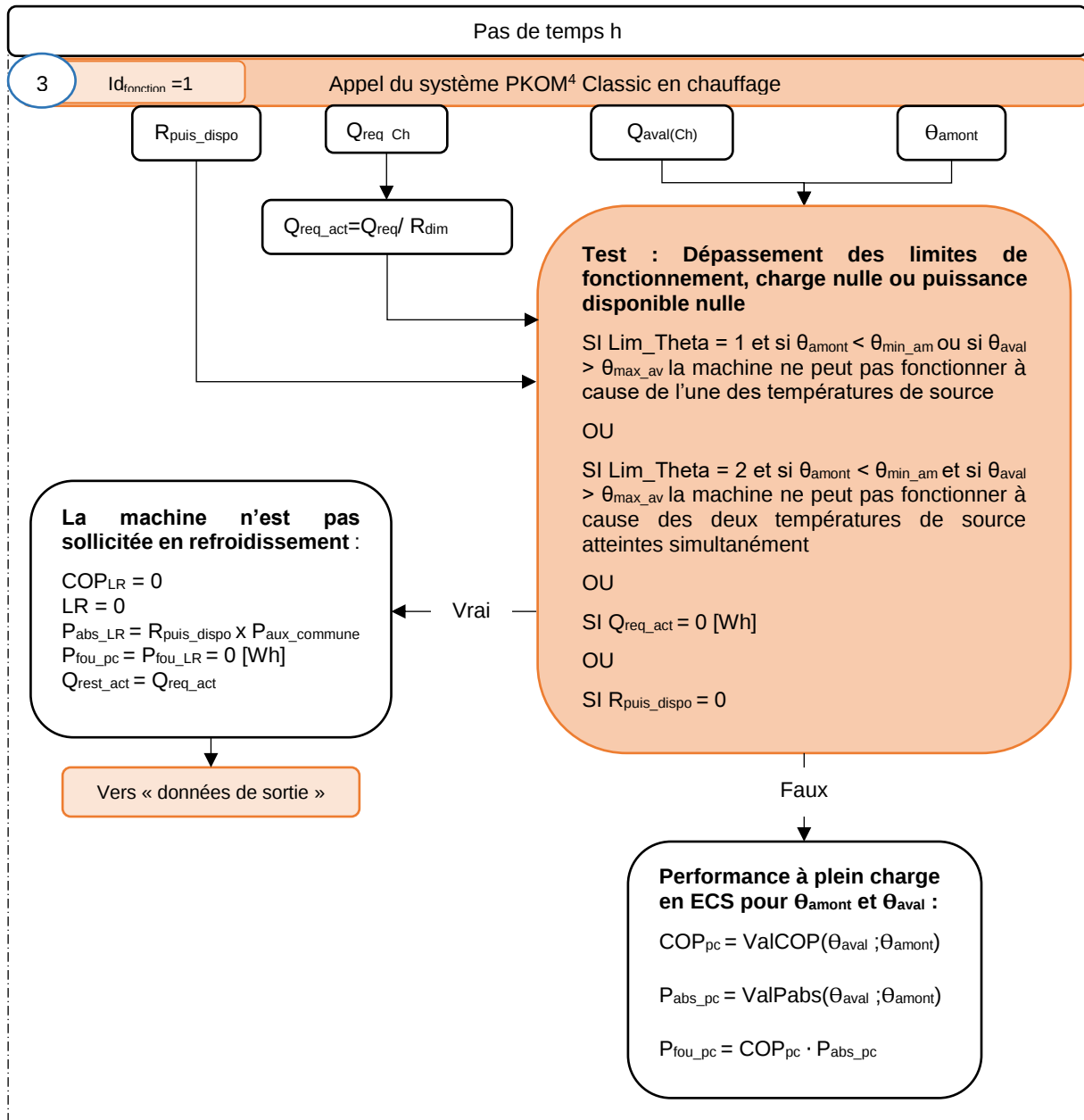
Tableau 31 – Refroidisseur air extérieur/eau, coefficients Cnn pour $Pabs$.

16.19.4.1.2.4. Performances à charge partielle ou nulle



16.19.4.1.3. Fonctionnement en mode chauffage ($id_{fonction} = 1$)

16.19.4.1.3.1. Performances à pleine charge en chauffage



16.19.4.1.3.2. Format de matrice de performance

IdFluide_aval = 1: eau;

IdFluide_amont = 2: air;

Val_util_max = 3,5

La matrice de performances de la PAC air extérieur / eau en mode chauffage est la suivante.

				Θamont (air extérieur)				
			Θamont >	-15	-7	2	7	20
Θdépart	Θretour	Θaval	Priorité	5	2	3	1	4
25	22	23,5	4					
35	30	32,5	1				Pivot	
45	40	42,5	2					
55	47	51	3					
65	55	60	5					

Tableau 32 – Matrice de performance de la PAC air extérieur / eau (chauffage).

La valeur pivot à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{\text{amont}} = 7\text{ °C}$; $\theta_{\text{aval}} = 32.5\text{ °C}$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres M_θ_Aval_Ch et M_θ_Amont_Ch, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : M_θ_Aval_Ch	Températures amont : M_θ_Amont_Ch
1 : 32.5°C	1 : 7 °C
2 : 32.5°C et 42.5°C	2 : - 7 °C, 7 °C
3 : 32.5°C, 42.5°C, 51°C	3 : -7°C, 2°C, 7°C
4 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	4 : -7°C, 2°C; 7°C, 20°C
5 : 23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	5 : -15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 33 – ordre de saisie des températures aval et amont de la PAC air extérieur / eau (Chauffage).

16.19.4.1.3.3. Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

Pour chaque valeur de la matrice {Performance_Ch(i ; j)} non-nulle, on applique la correction en fonction du statut telle que définie ci-dessous :

Si Statut_données_PC_Ch = 1 (il existe des données certifiées ou justifiées)

$$\begin{aligned} \forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) &= 1, \\ COP_{util}(i, j) &= performance_Ch(i, j) \\ \forall i, j \rightarrow \text{si } COR(i, j) &= 2, \\ COP_{util}(i, j) &= performance_Ch(i, j) \times 0,9 \end{aligned}$$

Si Statut_données_PC_Ch = 2 (il n'existe pas de données certifiées ou justifiées) (396)

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)

$$COP_{util}(2,4) = 0,8 \times Val_util_max$$

16.19.4.1.3.4. Calcul des valeurs par défaut

Les COP non-certifiés et non-justifiés sont calculés par défaut à partir des coefficients suivants :

— si la puissance nominale à 7°C est inférieure à 100kW

Températures aval	Températures amont
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 34 – 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 :

$$\begin{aligned}
&\text{si } \{COP_util(1,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(1,4)\} = \{COP_util(2,4)\} \times Cnnav_COP(23.5, 32.5) \\
&\text{si } \{COP_util(3,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(3,4)\} = \{COP_util(2,4)\} \times Cnnav_COP(42.5, 32.5) \\
&\text{si } \{COP_util(4,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(4,4)\} = \{COP_util(3,4)\} \times Cnnav_COP(51, 42.5) \\
&\text{si } \{COP_util(5,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(5,4)\} = \{COP_util(4,4)\} \times Cnnav_COP(60, 51)
\end{aligned} \tag{397}$$

- Ensuite, l'ensemble des autres colonnes sont complétées selon la procédure suivante :
Pour chaque ligne d'indice i allant de 1 à $N_{\theta\text{aval}}$

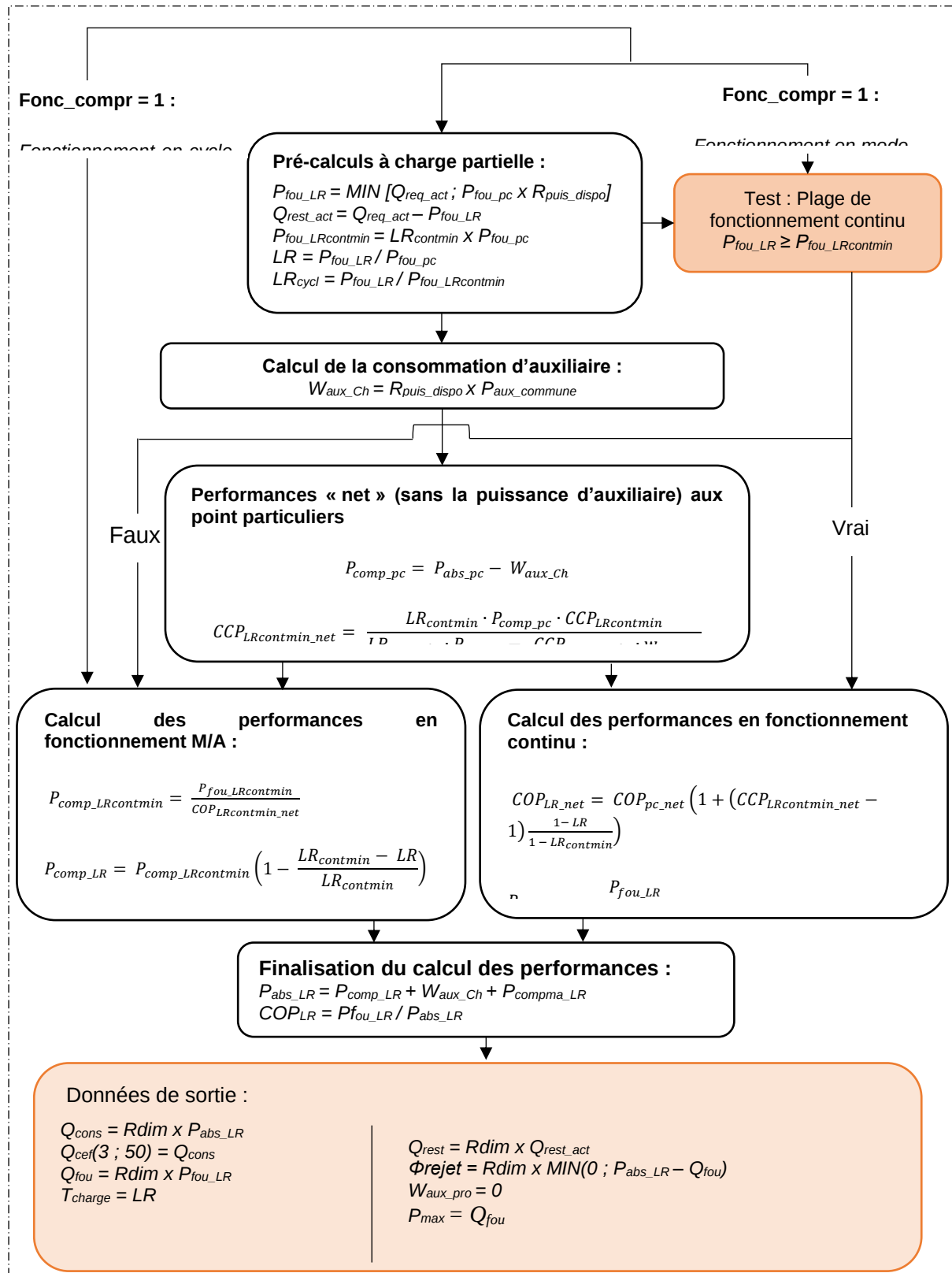
$$\begin{aligned}
&\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnav_COP(-7, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(i,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,3)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnav_COP(2, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,4)\} \times Cnnav_COP(20, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,2)\} \times Cnnav_COP(-15, -7)
\end{aligned} \tag{398}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0.9$	$Cnnav_Pabs(-7, 7) = 0.86$
$Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0.915$	$Cnnav_Pabs(2, 7) = 0.95$
$Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1.09$	$Cnnav_Pabs(20, 7) = 1.13$
$Cnnav_Pabs(60, 51) = 0.91$	$Cnnav_Pabs(-15, -7) = 0.92$

Tableau 35 – PAC air extérieur / eau (chauffage), coefficients Cnn pour $Pabs$.

16.19.4.1.3.5. Performances à charge partielle ou nulle



16.20 C_GEN_Préchauffage de l'air insufflé dans le bâtiment par systèmes SYSTOVI R-Sun, R-VOLT

16.20.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des systèmes « R-Sun », « R-Volt » de préchauffage de l'air insufflé dans le bâtiment, par récupération de chaleur sous des panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques en toiture, via un système de ventilation.

Le système se compose donc de capteurs solaires (thermiques et/ou photovoltaïques), de gaines qui se raccordent au module de ventilation (comportant un ventilateur) et de gaines qui vont du module aux bouches de soufflage vers les pièces du bâtiment. Le système comporte également une régulation.

En brassant l'air extérieur autour des panneaux photovoltaïques, le système améliore leur rendement.

Le système se décline sous 3 formes :

- Lorsque les panneaux sont des capteurs thermiques uniquement, le système porte la dénomination R-Sun
- Lorsque les panneaux sont des capteurs photovoltaïques uniquement, le système porte la dénomination R-Volt
- Lorsque la configuration est hybride, capteurs thermiques et panneaux photovoltaïques uniquement, le système porte la dénomination R-Volt + Extension thermique.

16.20.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode est applicable aux maisons individuelles, neuves, situées à une altitude inférieure à 900m, accolées ou non, avec ou sans combles.

Dans les cas de maisons avec combles perdus, les gaines du réseau seront toutes isolées.

Les gaines associées au module seront de diamètre Ø125 pour les petits piquages et Ø160 pour les collecteurs. Elles auront une isolation minimale de 25 mm

Elles seront composées de parois flexibles constituées :

- d'une paroi intérieure composée d'un film polyester contrecollé entre 3 feuilles d'aluminium micro perforées,

- d'une lame en laine de verre de 25 mm d'épaisseur, de densité 20 kg/m³
- d'une paroi extérieure composée d'un film polyester contrecollé de 2 films aluminium

Elles auront également les caractéristiques suivantes :

- Classement au feu : M1 (gaine interne classé M0)
- Plage de température : -30°C / +140°C

Par défaut, ou sans connaissance de la classe d'étanchéité ni du ratio des conduits en volume chauffé des gaines, le réseau sera considéré comme classe D, E ou F (intitulé « autre – par défaut ») et le ratio des gaines en volume chauffé sera pris égal à zéro.

Le caisson doit impérativement être positionné à l'intérieur du bâti.

L'orientation des panneaux est similaire à une installation solaire classique et suit la pente toiture.

Le système de ventilation peut être une VMC simple ou double flux. La mise en place d'un clapet de surpression et d'une chatière d'évacuation d'air est également nécessaire.

Il est nécessaire de disposer d'un autre système de chauffage avec un dispositif de pilotage/régulation commun. Le système est utilisé en mode « insufflation chauffage » et « ventilation » uniquement.

16.20.3 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h
S. Amont	θ_{amont} Température de la source amont (air extérieur, eau de nappe, eau glycolée).	°C
	θ_{aval} Température de la source aval (eau du circuit de chauffage, du ballon d'eau chaude)	°C
Génération	Q_{req} Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	W
	R_{puis_dispo} Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
	i_{ECS_seule} Indicateur de production ECS seule.	Bool
	$P_{fou_source_amont_maxi}(h)$ Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc})	W

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
id _{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS seule : 4 : Chauffage et ECS	Ent	3	4	
Is_RE	Présence et type de gestion de la résistance électrique d'appoint (3 ^{ème} générateur) : Absence de résistance électrique d'appoint : 0 Appoint électrique activé jour et nuit : 1 Appoint électrique activé de nuit seulement : 2	Ent	0	2	
P _{nom_RE}	Puissance thermique nominale de la résistance électrique d'appoint	W	0	+∞	
f _{aux_RE}	Fraction volumique du ballon couverte par la résistance électrique	Réel	0	1	
f _{aux}	Fraction volumique du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Rat _{f_au}	Ratio de la fraction du ballon couverte par la résistance électrique sur la fraction du ballon couverte par l'appoint thermodynamique	Réel	0	1	
Cat	Catégorie de générateur : 503 : pompe à chaleur à compression électrique (simple service) 1001: pompe à chaleur à compression électrique double service en fonctionnement alterné	Ent			1001
Id _{engen}	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
Id _{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2	
Id _{fluide_amont}	Nature de la source amont : 1 : eau, 2 : air, 3 : sol	Ent	1	3	3
Sys_thermo	Technologie de la PAC : 1 : PAC air extérieur/ eau 2 : PAC eau de nappe / eau 3 : PAC eau glycolée / eau 4 : PAC sol/ eau 5 : PAC air extrait / eau (ECS seule uniquement) 6 : PAC air ambiant / eau (ECS seule uniquement)	Ent	1	6	
{ $\theta_{aval}(i)$ } _{ch} { $\theta_{aval}(i)$ } _{ecs}	Liste des températures aval principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	Voir selon

$\{\theta_{amont}(j)\}_{ch}$	Liste des températures amont principales de la machine en chauffage et en ECS.	°C	-50	100	technologie
$\{\theta_{amont}(j)\}_{ecs}$					
$N_{\theta_{aval_ch}}$	Nombre de températures aval principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
$N_{\theta_{aval_ecs}}$					
$N_{\theta_{amont_ch}}$	Nombre de températures amont principales en chauffage/ en ECS.	Ent	1		
$N_{\theta_{amont_ecs}}$					
Statut_données_PC_ch	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS :				
Statut_données_PC_ECS	1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	-	

Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des statuts de données en chauffage : 1 : valeurs certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en chauffage	{-}	0	+□	
$\{\text{P}_{abs}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en chauffage	{kW}	0	+□	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage

StatutCOP _{pivot_ch}	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en chauffage : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
COP _{pivot_ch}	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	-	0	+□	-
P _{abs_pivot_ch}	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage.	kW	0	+□	-

Saisie des performances certifiées ou justifiées en production ECS

$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en production ECS : 1 : valeurs certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction en production ECS	{-}	0	+□	
$\{\text{P}_{abs}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en production ECS	{kW}	0	+□	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en production ECS

StatutCOP _{pivot_ecs}	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en production ECS : 1 : valeurs déclarées	Ent	1	2	-
--------------------------------	--	-----	---	---	---

	2 : valeur par défaut				
COP _{pivot_ecs}	Valeur de COP pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	-	0	+□	-
P _{abs_pivot_ecs}	Valeur pivot déclarée de puissance absorbée lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	kW	0	+□	-

Limites de fonctionnement de la machine en mode chauffage/en mode production ECS

	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré :				
	0 = pas de limite				
Lim_θ_ch	1= limite sur l'une ou l'autre des températures de source	Ent	0	2	-
Lim_θ_ecs	2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source				
θ _{max_av_ch}	Température maximale aval en mode chauffage ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	-
θ _{max_av_ecs}					
θ _{min_am_ch}	Température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	-50	100	-
θ _{min_am_ecs}					

Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule) ou en chauffage (double service)

	Statut de la saisie des performances à charge partielle :				
	0 : par défaut	Ent	0	1	
	1 : déclarée				
	Mode de fonctionnement du compresseur :				
	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt	Ent	1	2	
	2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur				
	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») :				
	2 : par défaut	Ent	0	2	
	1 : justifié				
	0 : certifié				
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
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 de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine :				
Statut_Taux	0 : par défaut	Ent	0	1	
	1 : déclarée				

Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
Préprocesseur : composition des matrices de performance					
$\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	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			Voir selon technologie
$\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_i en fonction de Pabs à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel			
$\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température aval θ_i en fonction du COP ou EER à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP ou EER à la température amont θ_i en fonction du COP ou EER à la température amont θ_k , à une température aval donnée	Réel			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv .
Typo_emetteur_ch	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage : <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	
Rdim	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Q_{fou,ch}$ $Q_{fou,ecs}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh			
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh			
$Q_{rest,ch}$ $Q_{rest,ecs}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh			
$\{Q_{cef(fonct.;en.)}\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présentée sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh			
$\eta_{eff,ch}$ $\eta_{eff,ecs}$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$T_{charge,ch}$ $T_{charge,ecs}$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel			

$\Phi_{rejet,ch}$ $\Phi_{rejet,ecs}$	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh
P_{abs_pc}	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel
Variables internes		
Nom	Description	Unité
{COP _{util} (i,j)}	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données	{-}
LR _{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à LR _{contmin} , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
COP _{_pc} COP _{_LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-
COP _{_pc_net} COP _{_LRcontminnet} COP _{_LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-
P _{fou_pc} P _{fou_LRcontmint} P _{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
P _{abs_pc} P _{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
P _{comp_PC} P _{comp_LRcontmint} P _{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W
P _{fou_pc_brut}	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W
P _{aux_commune}	Puissance d'auxiliaires déterminée sur la base du Taux _{ch} et de la puissance absorbée nominale en chauffage.	W
W _{aux,0}	Puissance effective appelée par les auxiliaires à charge nulle	W
P _{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
Ccp _{LRcontmin_net}	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge LR _{contmin} .	-

$Q_{req,act}$	Quantité d'énergie requise ramenée à un seul générateur sur les $Rdim$ générateurs identiques	W	
$Q_{rest,act}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, pour un seul générateur sur les $Rdim$ générateurs identiques	Wh	
$Q_{req,RE}$	Quantité d'énergie à fournir par la résistance électrique d'appoint	Wh	
$Q_{fou,RE}$	Quantité d'énergie fournie par la résistance électrique d'appoint	Wh	
$Q_{cons,RE}$	Quantité d'énergie consommée par la résistance électrique d'appoint	Wh	
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv
$COP_{util_max_ch}$ $COP_{util_max_ecs}$	Valeurs maximales de COP pivot pour les PAC en statut déclaré. Intervient aussi pour la valeur par défaut.	Voir technologie.	selon

Tableau 36 - Nomenclature des différentes variables du modèle

16.20.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.20.4.1. Description de la méthodologie de calcul

Deux systèmes de chauffage cohabitent dans les projets équipés du système SYSTOVI.

- d'une part, le système de chauffage principal installé dans le bâtiment,
- d'autre part, le module SYSTOVI qui vient traiter une partie des besoins de chauffage du bâtiment.

La méthodologie utilisée pour calculer la consommation de chauffage du bâtiment tenant compte de l'utilisation du système SYSTOVI comprend plusieurs étapes :

- Etape 1 : calcul des besoins de chauffage du bâtiment via la simulation n°1 (chapitre 16.20.4.2)

Les besoins de chauffage du bâtiment sont déduits des calculs de consommation d'un système fictif par soufflage d'air chaud similaire au système « R-Sun » / « R-Volt », et d'un système fictif de chauffage similaire au système de chauffage principal pressenti pour le projet, selon la méthode réglementaire.

- Etape 2 : calcul de la part α des besoins couverts par le système SYSTOVI et de la puissance complémentaire de ventilateurs (chapitre 16.20.4.3)

A l'aide d'un outil Excel associé à cette méthodologie, et en tenant compte des performances des panneaux photovoltaïques, et/ou des capteurs thermiques, est calculée la puissance horaire de chauffage disponible du système SYSTOVI.

En la comparant, à chaque pas de temps, à la puissance requise, on détermine le besoin réellement satisfait par le système SYSTOVI.

L'outil fournit alors la part α des besoins de chauffage satisfaits par le système SYSTOVI à utiliser dans la simulation n°2.

L'outil fournit également la puissance de ventilateur complémentaire liée au fonctionnement du système SYSTOVI à prendre en compte dans la simulation n°2.

- Etape 3 : détermination des consommations de chauffage du bâtiment équipé du système SYSTOVI via la simulation n°2 (chapitre 16.20.4.4)

A partir des éléments calculés dans l'étape 2, une nouvelle simulation des systèmes réels du bâtiment permet de calculer la consommation réglementaire du projet pour les différents postes.

Les hypothèses de modélisation vont différer selon que le système de chauffage principal du bâtiment est à effet joule, ou pas.

16.20.4.2. Calcul des besoins de chauffage – simulation n°1

On trouve ci-dessous les hypothèses de modélisation à utiliser pour la simulation n°1 à réaliser sur l'outil de calcul réglementaire. On rappelle que le but de cette simulation est, à travers l'utilisation d'un système fictif de chauffage, de calculer les besoins de chauffage du projet.

Le système fictif est renseigné comme suit :

Génération pour le chauffage

- *Saisie de la génération :*
 - *Services assurés :* chauffage seul
 - *Type de chauffage :* chauffage à effet joule direct
- *Saisie du générateur*
 - *Type de générateur :* 500/ générateur à effet joule direct.
 - *Service du générateur :* Chauffage seul
Générateur effet joule.
 - *Puissance :* 50 kW (ou une puissance encore plus élevée si ce n'est pas suffisant)

Emission pour le chauffage

On prend ici en compte la consommation complémentaire liée aux ventilateurs du système SYSTOVI.

- *Saisie du système d'émission*
 - *Nom du système :* à renseigner
 - *Type d'émetteur :* chauffage seul
 - *Surface des pièces concernées :* à définir selon le projet
 - *Pertes au dos de l'émetteur (en%) :* 0 ou rien
 - *Hauteur sous plafond :* locaux de moins de 4m sous plafond.
 - *Ventilateurs liés aux émetteurs :* Oui
 - *Ventilateurs liés aux émetteurs :* Pas de ventilateurs (nota : ils seront pris en compte ultérieurement)
- *Émetteur chaud*
 - *Type de chauffage :* électrique direct
 - *Type d'émetteur chaud :* Air soufflé
 - *Lié à la génération :* définie auparavant.
 - *Part surface du groupe assurée par cette émission :* 100 %
 - *Part des besoins assurée par ce système d'émission :* 100 %
 - *Classe de variation spatiale :* classe B2
 - *Variation temporelle :* couple régulateur-émetteur permettant un arrêt total de l'émission
 - *Détection de présence :* Autres cas
 - *Lien sur la ventilation :* Double Flux décrite ci-dessous
- *Distribution de groupe chaud*
 - *Type de distribution de groupe :* réseau de distribution fictif sans pertes

Autres paramètres : conditions réelles.

Eau chaude sanitaire

- Production d'eau chaude sanitaire spécifique au projet (électrique, gaz, fioul, instantanée, accumulée... au choix)
 - Génération ECS spécifique au projet
 - Distribution d'ECS : spécifique au projet
 - Même chose pour les émetteurs ECS

Ventilation

- *Désignation* : à définir
- *Nom commercial* : \
- *Type de ventilation* : Ventilation Mécanique Double Flux
- *Lien vers la CTA* : à relier à la CTA définie ci-après
- *Composant de ventilation* : autres
- *Gestion de la ventilation* : selon le projet
- *Étanchéité du réseau* : selon le projet
- *Les débits à renseigner sont les suivants* :
 - *Extraction* : les débits réglementaires du projet
 - *Soufflages* : les mêmes débits que les débits d'extraction.

Centrale de traitement d'air

- La CTA associée est de type double flux hygiénique
 - *Liaison au puits climatique* : aucun lien
 - *Liaison à l'espace tampon* : Sans liaison
 - *Puissances des ventilateurs de reprise* : spécifiques au projet
 - *Puissances des ventilateurs de soufflage* : égale à 0 (prise en compte ultérieure des ventilateurs, dans la feuille de calcul)
- Caractéristiques de la CTA
 - *Échangeur de type simplifié*,
 - *Efficacité de l'échangeur* : 0
 - *Puissance électrique des auxiliaires* : 0
 - *Génération associée antigel* : pas de sécurité antigel.

Paragraphe panneaux photovoltaïques : si utilisation du système R-Volt ou R-Volt + extension thermique

(selon la fiche technique des panneaux PV de marque SYSTOVI)

- *Désignation* : à définir
 - *Marque des capteurs* : SYSTOVI
 - *Dénomination* : SYSTO_ETANCHE
 - *Nombre de capteurs identiques* : spécifique au projet
 - *Surface d'un module* : selon projet
 - *Technologie du capteur* : Mono-cristallin ou poly-cristallin (selon le modèle de panneau sélectionné)
 - *Puissance crête nominale d'un module* : selon projet
 - *Temp. D'équilibre du module NOCT* : selon projet
 - *Coeff de température de la puissance crête* : selon projet
 - *Type de confinement* : selon projet
 - *Orientation* : selon le projet.
 - *Inclinaison du module* : selon projet.
- Caractéristiques des onduleurs
 - *Marque* : selon projet
 - *Dénomination* : selon projet
 - *Nombre d'onduleurs identiques* : selon dimensionnement
 - *Puissance nominale AC de sortie d'un onduleur* : VALEUR PAR DÉFAUT
 - *Valeurs connues du rendement de l'onduleur* : selon projet
 - *Présence de masques* : selon projet

Saisie des mètres : conformes au projet.

La consommation de chauffage obtenue via cette simulation est dénommée Cep chauffage simulation n°1. Sa valeur est à renseigner dans l'outil Excel associé dans la partie « Résultats de la simulation réglementaire préalable au calcul ».

Résultat de la simulation n°1 réglementaire préalable au calcul :	
Cep chauffage ELEC EP simulation n°1 :	132,2 kWhEP/m².an

Figure 13- Extrait de l'outil de calcul SYSTOVI – case où saisir le Cep chauffage de la simulation n°1

16.20.4.3. Calcul de la part α des besoins de chauffage couverts par le système SYSTOVI et de la puissance complémentaire de ventilateurs

16.20.4.3.1. Calcul du besoin horaire de chauffage

A une température extérieure donnée T_e , on obtient la puissance de chauffage grâce à la formule suivante :

$$B_{chauffage}(\square) = \frac{1000 \cdot C_{ep_c\square_simulation_n1} \cdot S_{REF}}{NbDegrés.Heure.Chaud.(base14)} (14 - T_e) \quad (\text{en W}) \quad (399)$$

Avec :

- $C_{ep_ch_simulation_n°1}$ = la consommation réglementaire de chauffage de la solution «tout système à air » (en énergie primaire)
- S_{ref} : surface de référence du projet au sens de la RE 2020 (en m²)
- $Nb.Degré.Heure.Chaud$: somme des degrés.heure en chauffage base 14 (en °C.h/an) également appelé DHU. De plus, cette somme des degrés heure est fonction de la zone climatique, en tenant compte de la période de chauffage des systèmes saisonniers.
- T_e : température extérieure (en °C), issue des fichiers météorologies de la RE 2020 pour chaque zone climatique.

Il est ainsi possible de connaître au pas de temps horaire, et sur toute l'année les besoins en chauffage du projet concerné.

16.20.4.3.2. Calcul de la puissance de chauffage du système SYSTOVI

A chaque pas de temps horaire est calculée la puissance de chauffage du système. Elle est fonction des données météorologiques de la RE 2020 (notamment température extérieure, vitesse du vent) et des caractéristiques des capteurs (photovoltaïques et/ou thermiques).

Ci-dessous un tableau récapitulatif des notations et abréviations utilisées dans le calcul de la puissance des panneaux PV et thermiques

Nom	Description	Unité
Données d'entrées		
T_{ext}	Température de l'air extérieur	°C
Ψ	Azimut du soleil (angle du soleil par rapport au Sud)	rd
γ	Hauteur du soleil	Rd
α	Azimut des modules (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	°

β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°
I_{Dn}	Rayonnement solaire direct normal	W/m ²
I_{di}	Rayonnement solaire diffus isotrope	W/m ²
techn	Identification de la technologie des capteurs (monocristallin Si, polycristallin Si, CdTe, CIS, amorphe Si, autre)	-
S	Surface ensoleillée du module en œuvre	m ²
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque (calculées en fonction du nombre de lignes et de colonnes)	-
Q_{PV}	Débit d'air total sous les capteurs PV	m ³ /h
$C_{élecventil}$	Consommation électrique du ventilateur	We/m ³ .h
Données calculées		
θ	Angle entre le soleil et la normal à la paroi considérée	rad
D_{rp}	Rayonnement direct incident	W/m ²
D_{fp}	Rayonnement diffus incident	W/m ²
R_{rp}	Rayonnement réfléchi incident	W/m ²
Θ_1	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus de ciel depuis les modules PV.	°
Θ_2	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus d'albédo.	°
F_{opt}	Coefficient de perte optique par réflexion.	-
G	Rayonnement incident efficace dans le plan des modules	W/m ²
ρ	Masse volumique de l'air	kg/m ³
C_p	Capacité calorifique de l'air	J/kg.K
λ	Conductivité thermique de l'air	W/m.K
C_{ventil}	Consommations finales électriques du ventilateur	We
$T_{sortietherm}$	Température de sortie d'air du capteur à air chaud	°C

$E_{recuptherm}$	Energie thermique récupérée dans les capteurs à air chaud	W
------------------	---	---

Gain thermique dû aux panneaux photovoltaïques :

Le gain thermique dû aux panneaux photovoltaïques est calculé comme suit :

$$T_{sortie_capteurs_PV} = T_{entree_capteurs_PV} + \frac{3600 * \eta_{capteur_PV} * G}{Cp_{thermique_air} * \rho_{air} * Q_{colonne}} \quad (400)$$

Avec :

- G le flux solaire surfacique en W/m^2
- $Cp_{thermique,air}$ la capacité thermique massique de l'air en $J/kg.K$
- ρ_{air} , la masse volumique de l'air à la température du moment.
- $\eta_{capteur_PV}$ le rendement du capteur sous panneaux photovoltaïques
- $Q_{colonne}$ en m^3/h par colonne

Le rendement du capteur est calculé selon la formule :

$$\eta_{capteur_PV} = 0,2332 + 0,002256 * Q_{colonne} - 0,0541 * V_{vent} \quad (401)$$

Avec :

- $\eta_{capteur_PV}$ compris entre 0 et 1 et sans dimension
- V_{vent} la vitesse du vent en m/s

Si le système comporte plusieurs capteurs empilés, de sorte que l'air parcourt les capteurs en série, le calcul sera réalisé plusieurs fois.

Gain thermique dû aux capteurs thermiques :

Le gain thermique dû aux capteurs thermiques est calculé comme suit :

$$T_{sortie_capteurs_thermique} = T_{entree_capteurs_thermique} + \frac{3600 * \eta_{capteur_thermique} * G}{Cp_{thermique_air} * \rho_{air} * Q_{colonne}} \quad (402)$$

Avec :

- G le flux solaire surfacique en W/m^2
- $C_{p,thermique,air}$ la capacité thermique massique de l'air en $J/kg.K$
- ρ_{air} , la masse volumique de l'air à la température du moment.
- $\eta_{capteur_thermique}$ le rendement du capteur sous capteurs thermiques
- $Q_{colonne}$ en m^3/h par colonne

Le rendement du capteur est calculé selon la formule :

$$\eta_{capteur_thermique} = 0,385 + 0,001433 * Q_{colonne} \quad (403)$$

Avec :

- $\eta_{capteur_PV}$ compris entre 0 et 1 et sans dimension
- $Q_{colonne}$ en m^3/h par colonne

Pertes thermiques par les gaines :

Le calcul des pertes par les gaines pendant la circulation de l'air se fait selon la méthode de calcul Th-BCE, chapitre 6.4.

Les pertes par les gaines sont calculées deux fois dans le sens de parcours de l'air :

- une fois entre les panneaux et le collecteur (une gaine par colonne)
- une seconde fois après le module collecteur (gaine unique pour soufflage).

Les combles sont assimilés à un milieu non chauffé.

Température après les pertes du réseau de soufflage situé hors volume chauffé

$$\theta_{air,souffle}^{g,s}(h) = \theta_{airsouffle}(h) - \left(\theta_{airsouffle}(h) - \theta_{inc}^{g,s}(h) \right) \cdot \left(1 - \exp \left(- \frac{H_{cons,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \cdot q_{m,sou,cond}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (404)$$

Avec :

$H_{cond,souf,ext}^{g,s}$ la conductivité thermique du conduit de soufflage

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,souf,ext}^{g,s}}{R_{rep}^{g,s} + 0,02} \quad (405)$$

- $A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ est la surface externe du conduit de soufflage sur sa portion non-chauffé.

Avec la résistance thermique de la partie du conduit de soufflage située hors volume $R^{g,s}_{soufflé}$, prise égale à :

$$R^{g,s}_{soufflé} = \frac{\ln(\frac{r+ep}{r})}{2\pi\lambda L} \quad (406)$$

Avec

- r = rayon de la gaine (80 mm)
- ep = épaisseur d'isolant (25mm)
- $\lambda = \lambda_{\text{gaine}} = 0,04$
- L = longueur de la gaine.

La surface des conduits de soufflage donnant sur l'extérieur est égale à :

$$A^{g,s}_{cond,souf,ext} = 0,75 \cdot A_{cond,souf}^{g,s} \quad (407)$$

La température du local non chauffé est égale à :

$$T_{LNC} = \frac{(T_{ext} + 19)}{2} \quad (408)$$

Température au niveau du collecteur / caisson :

L'air sortant des panneaux va cheminer le long des gaines (d'une longueur différente). De plus la température de l'air en sortie des panneaux photovoltaïques sera différente de celle en sortie des capteurs thermiques. La température au niveau du collecteur/Caisson est prise comme la moyenne arithmétique des températures en sortie de gaine.

$$T_{air_collecteur} = \frac{\sum_{col} T_{sortie_gaine}}{nb_colonnes} \quad (409)$$

Etanchéité du réseau :

Les fuites du réseau sont calculées selon la méthode Th-BCE, au paragraphe intitulé « Prise en compte des fuites des réseaux » et notamment par la formule suivante:

$$q_{soufflé,fuites}^{g,s} = 3600 \times K_{res} \times A_{cond,soufflé}^{g,s} \times dP^{0.667} \quad (410)$$

Avec :

- K_{res} , le coefficient de fuite de réseau, défini selon les valeurs conventionnelles du tableau 60 de la méthode Th-BCE
- $A_{cond,soufflé}^{g,s}$ la surface du conduit de soufflage définie selon la méthode de calcul Th-BCE avec la valeur conventionnelle du rapport de la surface de conduit aéraulique à la surface habitable $R_{atsurfcond}$ pris égal à 0,1
- dP la différence de pression, prise égale à 80 Pa.

Le débit de fuites est pris égal à :

$$q_{pertes}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitevc}) \cdot q_{soufflé,fuites}^{g,s} \quad (411)$$

La régulation :

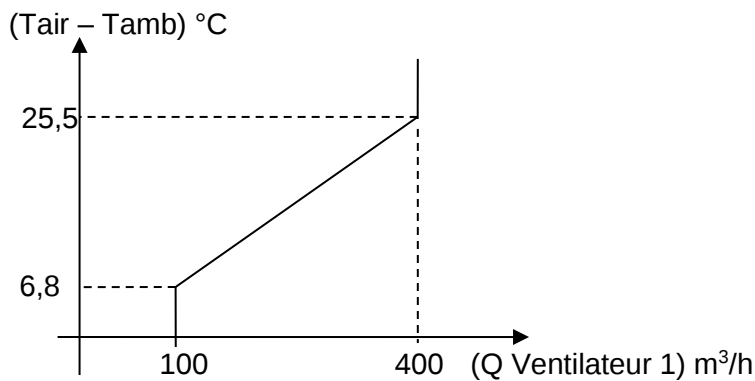
Deux cas sont à distinguer dans la régulation si l'on est :

- en mode insufflation d'air chaud (1)
- en mode ventilation des panneaux photovoltaïques (2)

$T_{air,soufflé}$ est désigné T_{air} par la suite.

(1) La régulation agit comme en mode insufflation d'air chaud.

- Si la température de soufflage est supérieure à la température ambiante de 3 degrés, et que la température ambiante est inférieure à la température de consigne plus un degré, alors le module sera en fonctionnement. Le débit assuré par le ventilateur sera de 100 m³/h
- Si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante $T_{air} - T_{amb}$ (le Delta T ou ΔT) est compris entre 6,8 et 25,5 °C le ventilateur modulera son débit selon la loi suivante.

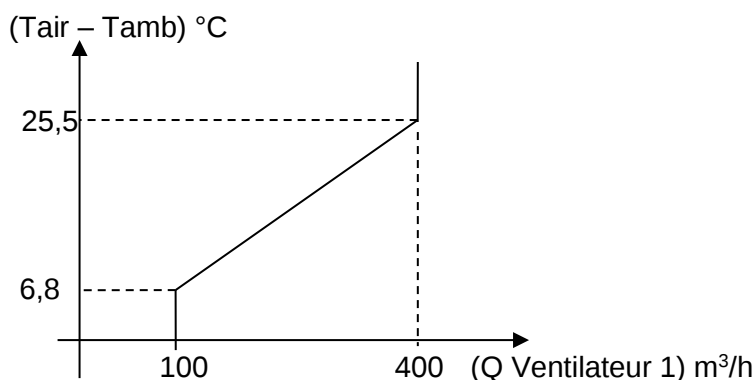


- Enfin si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante $T_{air} - T_{amb}$ est supérieure à $25,5$ $^{\circ}C$, le système ne soufflera plus dans les locaux, mais continuera de fonctionner pour refroidir les capteurs.

Les équations précédentes nous permettent donc d'obtenir les puissances fournies par le module au pas de temps horaire.

(2) La régulation agit comme suit sur le module en mode ventilation de panneaux photovoltaïques

- Si la température de soufflage est supérieure à $45^{\circ}C$, et qu'il n'y a pas de besoins, le mode ventilation est activé.
- Si la différence de température entre la température de soufflage et la température ambiante $T_{air} - T_{amb}$ (le Delta T ou ΔT) est compris entre 6,8 et $25,5$ $^{\circ}C$ le ventilateur modulera son débit selon la loi suivante.



Calcul du débit de soufflage et de la température de soufflage, calcul de convergence :

On déduit le débit de soufflage et la température de soufflage par convergence.

En mode insufflation d'air chaud :

Si $B_{chauffage}(T_e(\square)) > 0$

$\Delta T(h) = \Delta T_0(h) = T_{\text{sortie therm final}}(h) - T_{\text{consigne}}(h)$

Si $\Delta T(h) < 1$ alors $Q_{\text{soufflage}} = 0$

Si $\Delta T(h) \geq 1$ et $\Delta T(h) < 3$

Si insufflation (h-&) = « Oui » alors $Q_{\text{soufflage}} = 100$

Si insufflation (h-&) = « Non » alors $Q_{\text{soufflage}} = 0$

Si $\Delta T(h) \geq 3$ et $\Delta T(h) < 6.8$ alors $Q_{\text{soufflage}} = 100$

Si $\Delta T(h) \geq 6.8$ et $\Delta T(h) < 25.5$

alors $Q_{\text{soufflage}} = 16.043 * \Delta T(h) - 9.091$

Si $\Delta T(h) \geq 25.5$ alors $Q_{\text{soufflage}} = 400$

On pose

$$Q_{\text{soufflage},n+1} = \frac{(Q_{\text{soufflage},n+1} + Q_{\text{soufflage},n})}{2} \text{ et } Q_0 = 200 \text{ m}^3/\text{h} \quad (412)$$

$$\Delta T_{n+1} = \frac{(\Delta T_{n+1} + \Delta T_n)}{2} \quad (413)$$

On considère le débit atteint lorsqu'on a à la fois :

- $|Q_n - Q_{n+1}| < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $|T_n - T_{n+1}| < 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

En mode ventilation des panneaux photovoltaïques :

Si $B_{chauffage}(h) = 0$

$\Delta T(h) = \Delta T_0(h) = T_{\text{sortie_capteurs_PV}}(h) - 30$

Si $T_{\text{sortie_capteurs_PV}}(h) > 45$ alors

Si $\Delta T \text{ (h)} < 6.8$ alors $Q_{\text{ventilPV}} = 100$

Si $\Delta T \text{ (h)} \geq 6.8$ et $\Delta T \text{ (h)} < 25.5$ alors $Q_{\text{ventilPV}} = 16.043 * \Delta T \text{ (h)} - 9.091$

Si $\Delta T \text{ (h)} \geq 25.5$ alors $Q_{\text{ventilPV}} = 400$

On pose

$$Q_{\text{ventilPV},n+1} = \frac{(Q_{\text{ventilPV},n+1} + Q_{\text{ventilPV},n})}{2} \text{ et } Q_0 = 200 \text{ m}^3/\text{h} \quad (414)$$

$$\Delta T_{n+1} = \frac{(\Delta T_{n+1} + \Delta T_n)}{2} \quad (415)$$

On considère le débit atteint lorsqu'on a à la fois :

- $|Q_n - Q_{n+1}| < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $|T_n - T_{n+1}| < 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

On en déduit $Q_{\text{soufflage}}$ et $T_{\text{soufflage}} = T_{\text{sortie_capteurs_PV}}$ ou $T_{\text{sortiethermfinal}}$ selon le mode de fonctionnement

16.20.4.3.3. Comparaison des besoins horaire de chauffage à ce que peut produire le système

La puissance potentielle du système est la suivante :

$$P_{\text{systeme,pot}}(\square) = C_{p_{t\square\text{erm},vol}} * Q_{\text{soufflage}} * (T_{\text{soufflage}} - T_{\text{ext}}) \quad (416)$$

Avec $C_{p_{t\square\text{erm},vol}}$ la capacité thermique volumique de l'air ($\text{Wh}/\text{m}^3.\text{K}$)

La chaleur apportée par le système sera le minimum entre les besoins du projet et l'énergie potentielle que peut fournir le système.

$$P_{\text{systeme}}(\square) = \min(B_{\text{chauffage}}(h); P_{\text{systeme,pot}}(\square)) \quad (417)$$

16.20.4.3.4. Part alpha des besoins de chauffage assurée par le système SYSTOVI

La part des besoins assurée par le système est égale à :

$$Q_{systeme} = \sum_{\square} P_{systeme}(\square) * 1 \quad (418)$$

On peut ainsi déduire la part annuelle α des besoins de chauffage assurée par le système SYSTOVI.

$$\alpha = \frac{Q_{systeme}}{Cep_{simulationn^{\circ}1}} \quad (419)$$

Cette valeur est affichée dans l'outil Excel

Part alpha des besoins traités par SYSTOVI	10,42%
---	---------------

Figure 14- Extrait de l'outil de calcul SYSTOVI – affichage de la part des besoins couvertes par le système SYSTOVI à utiliser pour la simulation n°2

16.20.4.3.5. Consommations complémentaires des ventilateurs

On explicite tout d'abord le calcul réalisé par la feuille Excel pour déterminer la consommation annuelle des ventilateurs du système SYSTOVI, puis son exploitation pour la simulation n°2.

Calcul de la consommation horaire du ventilateur :

Les consommations horaires en mode insufflation chauffage sont :

$$C_{ventil}(\square) = D_{ventil}(\square) * P_{ventil}(\square) \quad (420)$$

Avec

$P_{ventil}(\square)$ la puissance horaire du ventilateur

$D_{ventil}(\square)$ la durée de fonctionnement du ventilateur

Puissance horaire d'un ventilateur :

$$P_{ventil}(\square) = 0,21 * Q_{soufflage}(en W) \quad (421)$$

Durée de fonctionnement du ventilateur :

Si la puissance fournie par le système est inférieure aux besoins, la ventilation fonctionnera pendant une heure.

Si la puissance disponible est supérieure aux besoins, le système fournit la puissance nécessaire au projet sur une durée proportionnelle aux besoins de chauffage. Le cas échéant, le ventilateur prend le relais pour assurer la ventilation des panneaux photovoltaïques.

Si $Psystovi(h) < B_{chauffage}(h)$, $D_{ventil}(\square) = 1$.

Si $Psystovi(h) > B_{chauffage}(h)$, $D_{ventil}(\square) = 1 \cdot \frac{B_{chauffage}(h)}{P_{systeme,pot}(\square)}$

Valeur moyenne de puissance de ventilateur à utiliser pour la simulation n°2 :

La puissance moyenne de ventilateur à utiliser pour la simulation n°2 est alors déterminée de la manière suivante :

$$P_{moy_ventil}(h) = MOYENNE(C_{ventil}(h)) \quad (422)$$

Cette valeur est affichée dans l'outil Excel

Puissance complémentaire des ventilateurs	5,48 Watts
---	------------

Figure 15- Extrait de l'outil de calcul SYSTOVI – affichage de la puissance de ventilateur à utiliser pour la simulation n°2

16.20.4.4. Calcul des consommations de chauffage du bâtiment équipé du système SYSTOVI – simulation n°2

On trouve ci-dessous les hypothèses de modélisation à utiliser pour la simulation n°2 à réaliser sur l'outil de calcul réglementaire. Cette simulation permet de calculer la consommation réglementaire du projet pour les différents postes. Elle permet donc la modélisation réelle du système principal de chauffage du bâtiment, en prenant en compte la part des besoins assurée par le système SYSTOVI, et la consommation complémentaire des ventilateurs.

Le système réel comprend alors deux générations distinctes, une pour le système de chauffage principal, une pour le système SYSTOVI.

Le système est renseigné comme suit :

16.20.4.4.1. Système principal de chauffage

Génération pour le système principal de chauffage :

Description selon la génération spécifique au projet (exemple : chaudière gaz associée à des radiateurs à eau)

Emission pour le système principal de chauffage :

Description selon les émetteurs spécifiques au projet, excepté pour la part des besoins assurée par le système d'émission :

- **Part des besoins assurée par ce système d'émission : $(100 - \alpha) \%$**

Exemple : si la valeur de α est de 10%, on doit saisir ici 90%.

Distribution de groupe pour le système principal de chauffage :

Description selon la distribution spécifique au projet, excepté pour les longueurs de distribution :

- **Longueur de distribution en volume chauffé : $(100 - \alpha) \%$ X longueur de distribution du projet**
- **Longueur de distribution hors volume chauffé : $(100 - \alpha) \%$ X longueur de distribution du projet**

Exemple : si la valeur de α est de 10%, et la longueur de distribution du projet en volume chauffé de 100m, on doit saisir ici 90m.

16.20.4.4.2. Système SYSTOVI

La description va ici dépendre du type du système de chauffage principal (système à effet joule ou autres système).

Génération pour le système SYSTOVI

- ***Si le système de chauffage principal est à effet joule, on utilise le générateur T5-SYSTOVI-Effet-joule***
 - Saisie de la génération :
 - Type de chauffage : chauffage à effet joule direct
 - Saisie du générateur
 - Type de générateur : 500/ générateur à effet joule direct.
 - Service du générateur : Chauffage seul
Générateur effet joule.
 - Puissance : 50 kW (ou une puissance encore plus élevée si ce n'est pas suffisant)

➤ **Si le système de chauffage principal n'est pas à effet joule, on utilise le générateur T5-SYSTOVI-Generateur Gaz**

- Saisie de la génération :
 - Type de chauffage : chaudière gaz
- Saisie du générateur
 - Type de générateur : 102/ Chaudière gaz à condensation.
 - Service du générateur : Chauffage seul
 - Puissance : 50 kW (ou une puissance encore plus élevée si ce n'est pas suffisant)
 - Rendements à puissance nominale et intermédiaire : valeur par défaut
 - Pertes à l'arrêt : valeur par défaut
 - Puissance d'auxiliaire à la puissance nominale : saisir une valeur mesurée non nulle.
 - Pas de cogénération

Emission pour le système SYSTOVI

- Saisie du système d'émission
 - Nom du système : soufflage d'air chaud SYSTOVI
 - Type d'émetteur : chauffage seul
 - Surface des pièces concernées : à définir selon le projet
 - Pertes au dos de l'émetteur (en%) : 0 ou rien
 - Hauteur sous plafond : locaux de moins de 4m sous plafond.
 - Mode de gestion des ventilateurs locaux : Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte
 - Présence d'un régime de super petite vitesse : Non
 - **Puissance des ventilateurs locaux (pour chaque vitesse) : cf. valeur fournie par le fichier Excel**
 - Type de régulation de la batterie de refroidissement : Autres cas
- Émetteur chaud
 - Type d'émetteur chaud : Air soufflé
 - Lié à la génération : définie auparavant.
 - Part surface du groupe assurée par cette émission : 100 %
 - **Part des besoins assurée par ce système d'émission : α % : cf. valeur fournie par le fichier Excel**
 - Classe de variation spatiale : classe B2
 - **Variation temporelle : identique à celle des émetteurs réels**
 - Détection de présence : Autres cas

Autres paramètres : conditions réelles.

Distribution pour le système SYSTOVI

- **Si le système de chauffage principal est à effet joule,**
 - *Distribution de groupe chaud : réseau de distribution fictif sans pertes*
- **Si le système de chauffage principal n'est pas à effet joule,**
 - *Distribution de groupe chaud : réseau de distribution hydraulique*
 - *Pas de circulateurs*
 - **Longueur de réseau de distribution en volume chauffé (α *Longueur en volume chauffé de la distribution du système de chauffage principal)**
 - **Longueur de réseau de distribution hors volume chauffé (α *Longueur hors volume chauffé de la distribution du système de chauffage principal)**
 - *Autres paramètres : identiques à ceux du projet.*

Distribution intergroupe pour le système SYSTOVI : réseaux hydrauliques individuels uniquement (pas de niveau intergroupe)

Les autres éléments du projet (eau chaude sanitaire, ventilation, ...) sont ceux du projet

Paragraphe panneaux photovoltaïques : si utilisation du système R-Volt ou R-Volt + extension thermique

(selon la fiche technique des panneaux PV de marque SYSTOVI)

- *Désignation : à définir*
- *Marque des capteurs : SYSTOVI*
- *Dénomination : SYSTO_ETANCHE*
- *Nombre de capteurs identiques : spécifique au projet*
- *Surface d'un module : selon projet*
- *Technologie du capteur : Mono-cristallin ou poly-cristallin (selon le modèle de panneau sélectionné)*
- *Puissance crête nominale d'un module : selon projet*
- *Temp. D'équilibre du module NOCT : selon projet*
- *Coeff de température de la puissance crête : selon projet*
- *Type de confinement : selon projet*
- *Orientation : selon le projet.*
- *Inclinaison du module : selon projet.*
- **Caractéristiques des onduleurs**
 - *Marque : selon projet*
 - *Dénomination : selon projet*
 - *Nombre d'onduleurs identiques : selon dimensionnement*
 - *Puissance nominale AC de sortie d'un onduleur : VALEUR PAR DÉFAUT*
 - *Valeurs connues du rendement de l'onduleur : selon projet*
 - *Présence de masques : selon projet*

Saisie des mètres : conformes au projet.

16.21 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_YACK_BIONIC

On trouve ci-dessous une proposition de rédaction pour la prise en compte du système dans la RE2020, possiblement sous la forme d'un nouveau chapitre de la méthode Th-BCE 2020.

16.21.1 INTRODUCTION

Le système YACKBionic permet d'assurer la fourniture de l'ECS et du chauffage. Il est composé des éléments techniques suivants :

- Un élément de stockage en eau technique qui assure la réserve d'eau froide nécessaire au bon fonctionnement du système.

- Une ou plusieurs PAC Air extérieur/Eau à compression électrique (le cas échéant raccordées en parallèle) utilisant le CO2 (R744) comme fluide frigorigène.

Sa fonction est de chauffer l'eau technique située en partie basse de l'élément de stockage de manière instantanée à 65°C puis de la réinjecter en partie haute. L'ensemble des données de performance saisies devront être établies pour une température de sortie d'eau technique égale à 65°C.

- Une ou plusieurs PAC Eau/Eau à compression électrique (le cas échéant raccordées en parallèle) dont la fonction, en période de chauffage uniquement, est de refroidir côté évaporateur l'eau technique située en partie basse de l'élément de stockage afin de maintenir une température de 15°C. L'énergie soutirée lors de ses phases de fonctionnement est transférée côté condenseur à une partie supérieure de l'élément de stockage.

Le pincement des échangeurs thermiques situés entre le système et le réseau collectif de distribution ECS doit être inférieur ou égal à 2,5 K.

Le système ne peut pas être associé à des émetteurs de chaleur de type « haute température » (température d'entrée supérieure à 70°C).

16.21.2 CHAMP D'APPLICATION

La méthode de calcul s'applique à tout type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020.

Le système doit être dimensionné de manière à couvrir l'ensemble des besoins d'ECS, sans nécessité d'un recours à un appoint.

Dans le cas où une résistance électrique est installée au niveau du ou des ballons de stockage, celle-ci ne fonctionne qu'en « secours » et est commandée par le système qui assure son enclenchement uniquement en cas de mise en défaut du fonctionnement thermodynamique.

16.21.3 NOMENCLATURE

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du système Yack BIONIC. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

16.21.3.1. Module ballon de stockage

Entrées du composant		
Nom	Description	Unité
$Q_{fou,PAC_Eau_Eau}(h)$	Energie totale fournie par la PAC Eau/Eau	Wh
$Q_{fou,PAC_CO2}(h)$	Energie totale fournie par la PAC CO2	Wh
$Q_{fou,ball,,PAC_CO2}(h)$	Energie fournie au ballon de stockage par la PAC CO2	Wh
$Q_{fou,ball,,PAC_Eau_Eau}(h)$	Energie fournie au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau	Wh
$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C
$Teau(h)$	Température d'alimentation en eau	°C
$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C
$Tecs_max^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération gen.	°C
Tch_max^{gen}	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe de chauffage connectés à la génération gen.	°C
id_{Ecs_seul}	Indicateur de production d'ECS seule	Ent.

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
V_{tot}	Volume total du ballon	L	0	$+ \infty$	-
V_z	Volume de la zone z du ballon (z de 1 à 4, V_z est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	L	0	V_{tot}	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	0	$+ \infty$	-
θ_{max}	Température maximale du ballon	°C	0	100	-
z	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur de base	-	1	4	-
$hrel_{ech_base}$	Hauteur (relative) de l'échangeur du générateur de base à partir du point inférieur de la zone z_{base} .	-	0	1	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
<i>Statut-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	-	0	2	-
<i>Is_Principal</i>	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	

Sorties

Nom	Description	Unité
<i>Tz</i>	Champ de température dans le ballon de stockage au pas de temps courant	°C
<i>Ti</i>	Champ de température dans le ballon de stockage lors de l'itération i	°C
<i>Pe</i>	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps <i>h</i>	W
<i>Q_{rest_ch}</i>	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh
<i>Q_{w_sto_unit_report}</i>	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon	Wh
<i>Q_{req_ball_PAC_Eau_Eau}</i>	Énergie requise à soutirer par la PAC Eau/Eau à la zone z=1 du ballon de stockage	Wh
<i>Q_{fou_ball_max_PAC_Eau_Eau}</i>	Énergie maximale pouvant être fournie par la PAC Eau/Eau aux zones 3 et 4 du ballon de stockage pour ne pas dépasser <i>Thetamax_av_PAC_Eau_Eau</i>	Wh
<i>Q_{req_ball_PAC_CO2}</i>	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par la PAC CO2	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
<i>U_z</i>	Coefficient de pertes de la zone z du ballon (<i>U_z</i> est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	W/K
<i>(UA)_{s_util}</i>	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K
<i>Pe_z</i>	Pertes thermiques de la zone z du ballon	W
<i>Nbh_report(h)</i>	Nombre d'heure où le besoin ECS n'a pas été couvert au pas, message d'alerte si >24h	W

Z_{ech}	Numéro de la zone la plus basse contenant l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-	
Z_{max_ech}	Numéro de la zone la plus haute contenant l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-	
$hrel_{ech}$	Hauteur relative de l'échangeur du générateur (de base ou d'appoint)	-	
$hrel_{rest}$	Hauteur relative de l'échangeur restante dans la zone Z_{max_ech} du ballon de stockage	-	
$V_{p_eq}(h)$	Volume puisé équivalent au pas de temps courant	m ³	
Nb_{iter_vp}	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-	
a	Numéro de la zone du ballon pour laquelle on compare sa température avec toutes celles des zones qui lui sont supérieures	-	
i	Itération au cours d'un pas de temps h	-	
$V_{p_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	m ³	
$V_b(i)$	Volume brassé lors de l'itération j	m ³	
$V_{b_report}(j)$	Volume brassé non couvert, reporté à l'itération j suivante	m ³	
$Q_{sto_fou_ch}$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	15
$V_{p_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	m ³	65
$\Delta_{DeltaTech}$	Ecart de température nominal entre entrée et sortie de l'échangeur raccordé au réseau ECS	°C	2,5
$\Delta_{Thyst_PAC_CO2}$	Hystérésis des thermostats du ballon de stockage commandant la PAC CO2	°C	2,5
$\Delta_{Thyst_PAC_Eau/Eau}$	Hystérésis des thermostats du ballon de stockage commandant la PAC Eau/Eau	°C	2

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

16.21.3.2. Module PAC CO2

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont	°C
	θ_{aval}	Température de la source aval	°C
Génération	$Q_{\text{req_ball_PAC_CO2}}$	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par la PAC CO2	Wh
	$Q_{\text{req_inst_PAC_CO2}}$	Énergie instantanée requise à fournir par la pac CO2	Wh

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS	Ent			3
Cat	Catégorie de générateur : 503 : <i>générateur thermodynamique à compression électrique</i>	Ent			503
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 50</i>	Ent	10	69	50
$\text{Id}_{\text{fluide_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : <i>eau</i>	Ent	1	2	1
$\text{Id}_{\text{fluide_amont}}$	Nature de la source amont : 1 : <i>eau (ou eau glycolée)</i>	Ent	1	3	1
Syst_thermo_ecs	Technologie du générateur en chauffage : 6: <i>PAC eau glycolée/eau</i>	Ent	1	-	
$\{\theta_{\text{aval}}(i)_{\text{PAC_CO2}}\}$	Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	Voir selon technologie
$\{\theta_{\text{amont}}(j)_{\text{PAC_CO2}}\}$	Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
$N_{\theta_{\text{aval}}}$	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
$N_{\theta_{\text{amont}}}$	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
Statut_données_Pac_CO2	Statut des performances à pleine charge renseignées : 1 : <i>il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées</i> 2 : <i>il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées					
$\{\text{StatutCOP}(i,j)_{\text{PAC_CO2}}\}$	Matrice des statuts de données : 1 : <i>valeurs de ValCOP(i,j) et ValPabs(i,j) certifiées,</i> 2 : <i>valeurs justifiées.</i>	{Ent}	1	2	

$\{COP(i,j)_{PAC_CO2}\}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction	{-}	0	$+\infty$	
$\{P_{abs}(i,j)_{PAC_CO2}\}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$	
Saisie des performances déclarées ou par défaut					
StatutCOP _{pivot_PAC_CO2}	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
COP _{pivot_PAC_CO2}	Valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
P _{abs_pivot_PAC_CO2}	Valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	kW	0	$+\infty$	-
Fonctionnement à charge partielle					
Statut_fonct_part_PAC_CO2	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr_PAC_CO2	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
Statut_fonct_continu_PAC_CO2	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
CcPLRcontmin_PAC_CO2	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	1
LR _{contmin_PAC_CO2}	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	Minutes	0	60	0.5
Puissance d'auxiliaires de la machine					
Statut_Taux_PAC_CO2	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	2	
Taux_PAC_CO2	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	Réel	0	1	0,02
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R _{dim_PAC_CO2}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	
Sorties					
Nom	Description	Unité			
Q _{fou_PAC_CO2}	Energie totale effectivement fournie par la PAC CO2	Wh			

$Q_{fou_ball_PAC_CO2}$	Energie totale effectivement fournie au ballon de stockage par la PAC CO2.	Wh		
$Q_{fou_inst_PAC_CO2}$	Energie instantanée effectivement fournie par la PAC CO2 en mode chauffage ou ECS.	Wh		
$Q_{cons_PAC_CO2}$	Consommation horaire de la PAC CO2 pour fournir l'énergie requise	Wh		
$Q_{sout_PAC_Eau_Eau}$	Énergie soutirée au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau	Wh		
$Q_{w_sto_unit_report}$	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon corrigé de l'énergie instantanée fournie par le PAC CO2	Wh		
Q_{rest_ch}	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh		
$P_{aux_pro_PAC_CO2}$	Puissance des auxiliaires	W		
$\tau_{charge_PAC_CO2}$	Taux de charge de la PAC CO2 pour fournir l'énergie requise	Réel		
$Val_util_max_PAC_CO2$	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée	Réel		2,2
$R_{puis_dispo_PAC_CO2}(h)$	Ratio de puissance disponible de la PAC CO ₂	Réel	[0;1]	-

Variables internes

Nom	Description	Unité		
$ValCOP(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation du COP au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-		-
$ValPabs(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Méthode d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-		-
$P_{aux_PAC_CO2}(h)$	Puissance des auxiliaires	W	0	$+\infty$ -
$Val_util_maxPAC_CO2$	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée	Réel		2,2
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	min		26

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
-----	-------------	-------	-------

16.21.3.3. Module PAC eau/eau

Entrées du composant						
Nom		Description	Unité			
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont de type sol.	°C			
	θ_{aval}	Température de la source aval	°C			
Génération	$Q_{\text{req_PAC_Eau_Eau}}$	Énergie requise à soutirer par la PAC Eau/Eau à la zone z=1 du ballon de stockage	Wh			
	$Q_{\text{fou_ball_max_PAC_Eau_Eau}}$	Énergie maximale pouvant être fournie par la PAC Eau/Eau aux zones 3 et 4 du ballon de stockage pour ne pas dépasser $\theta_{\text{tmax_av_PAC_Eau_Eau}}$	Wh			
	$Q_{\text{rest_ch}}$	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh			
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom		Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\text{id}_{\text{fougen}}$		Mode de fonctionnement admis par le générateur : 3 : ECS	Ent			3
Cat		Catégorie de générateur : 503 : <i>générateur thermodynamique à compression électrique</i>	Ent			503
Id_{engen}		Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 50</i>	Ent	10	69	50
$\text{Id}_{\text{fluide_aval}}$		Nature du fluide aval : 1 : <i>eau</i>	Ent	1	2	1
$\text{Id}_{\text{fluide_amont}}$		Nature de la source amont : 1 : <i>eau (ou eau glycolée)</i>	Ent	1	3	1
Syst_thermo_ecs		Technologie du générateur en chauffage : 6: <i>PAC eau glycolée/eau</i>	Ent	1	-	
$\{\theta_{\text{aval}}(i)_{\text{PAC_Eau_Eau}}\}$		Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	Voir selon technologie
$\{\theta_{\text{amont}}(j)_{\text{PAC_Eau_Eau}}\}$		Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
$N_{\theta_{\text{aval}}}$		Nombre de températures aval principales	Ent	1		
$N_{\theta_{\text{amont}}}$		Nombre de températures amont principales	Ent	1		
Statut_données_PC_PAC_Eau_Eau		Statut des performances à pleine charge renseignées : 1 : <i>il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées</i> 2 : <i>il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	

Saisie des performances certifiées ou justifiées

$\{\text{StatutCOP}(i,j)_{\text{PAC_Eau_Eau}}\}$	Matrice des statuts de données : 1 : valeurs de $\text{ValCOP}(i,j)$ et $\text{ValPabs}(i,j)$ certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2
$\{\text{COP}(i,j)_{\text{PAC_Eau_Eau}}\}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP) selon les températures amont et aval avant correction	{-}	0	$+\infty$
$\{\text{Pabs}(i,j)_{\text{PAC_Eau_Eau}}\}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$

Saisie des performances déclarées ou par défaut

$\text{StatutCOP}_{\text{pivot_PAC_Eau_Eau}}$	Statut des valeurs pivots $\text{ValCOP}_{\text{pivot}}$ et $\text{ValPabs}_{\text{pivot}}$: 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
$\text{COP}_{\text{pivot_PAC_Eau_Eau}}$	Valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
$\text{Pabs}_{\text{pivot_PAC_Eau_Eau}}$	Valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	kW	0	$+\infty$	-

Limites de fonctionnement de la machine

$\theta_{\text{max_av_PAC_Eau_Eau}}$	Température maximale aval en mode chauffage ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	0	100	-
--	---	----	---	-----	---

Fonctionnement à charge partielle

$\text{Statut_fonct_part_PAC_Eau_Eau}$	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
$\text{Fonc_compr_PAC_Eau_Eau}$	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
$\text{Statut_fonct_continu_PAC_Eau_Eau}$	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin ») : 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
$\text{CcpLRcontmin_PAC_Eau_Eau}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $\text{LR}_{\text{contmin}}$	Réel	0	2	
$\text{LR}_{\text{contmin_PAC_Eau_Eau}}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
Paux_PAC_Eau_Eau	Puissance des auxiliaires	W	0	1	
Deq	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
Dfou0	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	

**Erreur !
Source du
renvoi
introuvable.**

Puissance d'auxiliaires de la machine

Statut_Taux_PAC_Eau_Eau	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Taux_PAC_Eau_Eau	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	Réel	0	1	
Préprocesseur : composition des matrices de performance					
{Cnn _{av_Pabs} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage de Pabs ($\theta_{\text{aval}} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{\text{aval}}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			Voir selon technologie
{Cnn _{am_Pabs} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{\text{am}}=\theta_j$) à Pabs($\theta_{\text{am}}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			
{Cnn _{av_COP} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage entre de COP ($\theta_{\text{aval}}=\theta_j$) à COP($\theta_{\text{aval}}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			
{Cnn _{am_COP} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage de COP($\theta_{\text{am}}=\theta_j$) à COP($\theta_{\text{am}}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R _{dim_PAC_Eau_Eau}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité			
$Q_{\text{fou_PAC_Eau_Eau}}$	Energie totale effectivement fournie par la PAC Eau/Eau.	Wh	0		
$Q_{\text{fou_ball_PAC_Eau_Eau}}$	Energie totale effectivement fournie au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau.	Wh	0		
$Q_{\text{fou_inst_PAC_Eau_Eau}}$	Energie instantanée effectivement fournie par la PAC Eau/Eau en mode chauffage.	Wh	0		
$Q_{\text{cons_PAC_Eau_Eau}}$	Consommation horaire de la PAC Eau/Eau pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Wh	0		
$Q_{\text{sout_PAC_Eau_Eau}}$	Énergie soutirée au ballon de stockage par la PAC Eau/Eau	Wh	0		
$Q_{\text{rest_ch}}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le chauffage.	Wh	0		
{ $Q_{\text{ceff}}(\text{fonct.}, \text{en.})$ }	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	0		
$W_{\text{aux_pro_PAC_Eau_Eau}}$	Consommation des auxiliaires pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Wh	0		
$\tau_{\text{charge_PAC_Eau_Eau}}$	Taux de charge de la PAC Eau/Eau pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Réel	0	1	
$W_{\text{aux_pro_PAC_Eau_Eau}}$	Consommation des auxiliaires pour soutirer l'énergie requise au ballon de stockage	Wh	0		
$R_{\text{puis_dispo_PAC_Eau_Eau}}$	Ratio de puissance disponible de la PAC Eau/Eau	Ent	0	1	

Variables internes

Nom	Description	Unité
-----	-------------	-------

$i_{\theta am1} i_{\theta am2}$	Indices pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	Ent
θ_{am1}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
θ_{am2}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
$i_{\theta av1} i_{\theta av2}$	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	entier
θ_{av1}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
θ_{av2}	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C
$C_{\theta am}$	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	réel
$C_{\theta av}$	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	réel
LR_{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{contmin}$, lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
COP_{pc} COP_{LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-
COP_{pc_net} $COP_{LRcontminnet}$ COP_{LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-
P_{fou_pc} $P_{fou_LRcontmint}$ P_{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
P_{abs_pc} P_{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
P_{comp_PC} $P_{comp_LRcontmint}$ P_{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W
$P_{fou_pc_brut}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W
P_{aux}	Puissance appelée par les auxiliaires	W
P_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
$Ccp_{LRcontmin_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-
Q_{reqact}	Energie requise ramenée une machine parmi les R_{dim} identiques	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	
Val_util_maxPAC_Eau_Eau	Valeur maximale de la performance pour la valeur pivot lorsqu'il n'y a pas de valeur certifiée ou justifiée		3,7
Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.

Tableau 37 : Nomenclature du modèle

16.21.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.21.4.1. Module « Ballon stockage »

16.21.4.1.1. Volume Vz et Vz min

$$V1 = V2 = V3 = V4 = \frac{V_{tot}}{4} \quad (423)$$

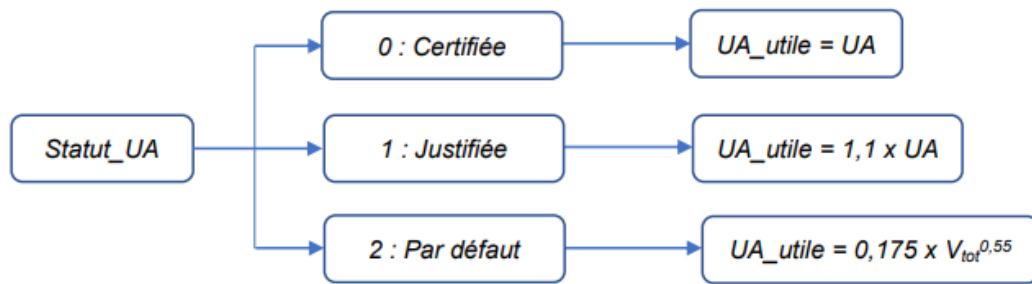
Le volume de la plus petite zone est alors :

$$V_{zmin} = \text{Min}[Vz] \quad (424)$$

16.21.4.1.1.1. Nombre d'itérations Nbiter pour le calcul de la boucle

$$Nb_{iter} = \text{Arrondi.inf} \left(\frac{V_{tot}}{V_{zmin}} \right) \quad (425)$$

16.21.4.1.1.2. Coefficients de pertes thermique Uz



Pour z allant de 1 à 4 :

$$Uz = UA_{utile} * \frac{Vz}{V_{tot}} \quad (426)$$

16.21.4.1.1.3. Température Tz

Au premier pas de temps, l'eau technique contenue au niveau du stockage est considérée aux températures suivantes :

$$T_1(h-1) = T_1(h) = T_{cons_ball_z1} \quad (427)$$

$$T_2(h-1) = T_2(h) = \frac{T_{cons_ball_PAC_eau_eau} + T_{cons_ball_PAC_CO2}}{2} \quad (428)$$

Pour z=3 à 4 :

$$T_z(h-1) = T_z(h) = T_{cons_ball_PAC_CO2} \quad (429)$$

16.21.4.1.1.4. Pertes thermiques Pez et Pe

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées par zone à partir des températures initialisées précédemment :

Pour z=1 à 4 :

$$P_{ez} = U_z * (T_z(h) - T_{amb}) \quad (430)$$

$$P_e = \sum_1^4 P_{ez} \quad (431)$$

16.21.4.2. Module « PAC Eau/Eau »

16.21.4.2.1. Matrice d'interpolation

La matrice définie au §8.23.3.4.4 de la méthode Th-BCE 2020 servant à interpoler le COP et la puissance absorbée P_{abs} a été adaptée pour répondre aux spécificités du système en ajoutant deux températures θ_{amont} (28,5°C et 48,5°C) :

			Matrice d'interpolation						
			Tretour	5	10	15	20	30	50
			Tdépart	2	7	12	17	27	47
			θ _{amont} (°C)	3,5	8,5	13,5	18,5	28,5	48,5
			Priorité	6	1	2	3	4	5
θ _{aval} (°C)	5	7							
	15	5							
	25	3							
	35	2							
	45	1		Pivot					
	55	4							
	65	6							

16.21.4.2.2. Matrice de performance COP

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent

pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $\text{MIN}(0,8 \times \text{Valeur déclarée}, \text{Val_util_max}_{\text{PAC_Eau_Eau}})$,
- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $0,8 \times \text{Val_util_max}_{\text{PAC_Eau_Eau}}$.

$\text{Val_util_max}_{\text{PAC_Eau_Eau}}$ est définie égale à 3,7.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à 0,9 x valeur justifiée,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction C_{nn} explicités ci-après.

Coefficients de correction C_{nn}

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts $X^{\circ}\text{C}$ non définies initialement dans la matrice d'interpolation (28,5°C et 48,5°C) sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam_COP}(X; 8,5) = 1 + 0,02 \times (X - 8,5) \quad (432)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

	Matrice de performance COP
--	----------------------------

		Tretour	5	10	15	20	30	50
		Tdépart	2	7	12	17	27	47
		θ_{amont} (°C)	3,5	8,5	13,5	18,5	28,5	48,5
		Priorité	6	1	2	3	4	5
θ_{aval} (°C)	5	7		1,80				
	15	5		1,60				
	25	3		1,40				
	35	2		1,20				
	45	1	0,90	Pivot	1,10	1,20	1,40	1,80
	55	4		0,80				
	65	6		0,60				

16.21.4.2.3. Matrice des puissances absorbées

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la

base de la norme NF EN 14511,

- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Par défaut, la méthode de calcul Th-BCE définit une variation de la puissance absorbée de 1% par °C d'écart avec la température amont au point pivot. Les coefficients de correction aux températures amonts X°C non définies initialement dans la matrice d'interpolation (28,5°C et 48,5°C) sont donc calculés de la manière suivante :

$$C_{nnam_Pabs}(X; 8,5) = 1 + 0,01 \times (X - 8,5) \quad (433)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice des puissances absorbées						
			Tretour	5	10	15	20	30	50
			Tdépart	2	7	12	17	27	47
			θ _{amont} (°C)	3,5	8,5	13,5	18,5	28,5	48,5
			Priorité	6	1	2	3	4	5
θ _{aval} (°C)	5	7		1,40					
	15	5		1,30					
	25	3		1,20					
	35	2		1,10					
	45	1	0,95	Pivot	1,05	1,10	1,20	1,40	
	55	4		0,90					
	65	6		0,80					

16.21.4.2.4. Puissance des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, $P_{auxPAC_Eau_Eau}$ (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance

électrique totale, $Taux_{PAC_Eau_Eau}$:

$$Paux_{PAC_Eau_Eau} = Pabs_pivot_{PAC_Eau_Eau} \times Taux_{PAC_Eau_Eau} \quad (434)$$

Le statut de la valeur de $Taux_{PAC_Eau_Eau}$ ($Statut_Taux_{PAC_Eau_Eau}$) peut correspondre aux trois cas suivants :

- 1) Valeur certifiée : la valeur du $Taux_{PAC_Eau_Eau}$ est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,
- 2) Valeur justifiée : la valeur du $Taux_{PAC_Eau_Eau}$ est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,
- 3) Valeur par défaut : la valeur du $Taux_{PAC_Eau_Eau}$ est prise égale à 0,02.

16.21.4.3. Module « PAC CO2 »

16.21.4.3.1. Matrice d'interpolation

La matrice définie au §8.23.3.4.1 de la méthode Th-BCE 2020 servant à interpoler le COP et la puissance absorbée $Pabs$ a été adaptée pour répondre aux spécificités du système. La température θ_{aval} est la température de l'eau située en zone $z=1$ du stockage.

			Matrice d'interpolation					
			θ_{amont} (°C)	-7	2	7	20	35
			Priorité	3	4	1	2	5
θ_{aval} (°C)	2	4						
	10	2						
	15	1			Pivot			
	20	3						
	26	5						
	50	6						

Pour l'ensemble des valeurs saisies, la température de l'eau en sortie d'échangeur de la PAC CO₂ doit être supérieure ou égale à 65°C.

16.21.4.3.2. Matrice de performance COP

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à $0,9 \times$ valeur justifiée,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $\text{MIN}(0,8 \times \text{Valeur déclarée}, \text{Val_util_max}_{\text{PAC_CO}_2})$,
- Par défaut : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $0,8 \times \text{Val_util_max}_{\text{PAC_CO}_2}$.

$\text{Val_util_max}_{\text{PAC_CO}_2}$ est définie égale à 2,2.

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à $0,9 \times$ valeur justifiée,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction C_{nn} explicités ci-après.

Coefficients de correction C_{nn}

Pour θ_{amont} , les coefficients de correction en fonction de la température à la source sont pris identiques à ceux définis par la méthode Th-BCE. Pour θ_{aval} , la méthode de calcul Th-BCE définit par défaut une variation du COP de 2% par °C d'écart avec la température aval au point

pivot. Le coefficient de correction à une température aval $X^{\circ}\text{C}$ est donc recalculé de la manière suivante :

$$C_{nav_COP}(X; 15) = 1 + 0,02 \times (15 - X) \quad (435)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice de performance COP					
			θ_{amont} (°C)	-7	2	7	20	35
			Priorité	3	4	1	2	5
θ_{aval} (°C)	2	4			1,26			
	10	2			1,10			
	15	1	0,50	0,80	Pivot	1,25	1,50	
	20	3			0,90			
	26	5			0,78			
	50	6			0,30			

16.21.4.3.3. Matrice des puissances absorbées

La valeur pivot est issue de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Déclarée : la valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déclarée saisie,

Les autres valeurs de la matrice sont issues de données :

- Certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification le cas échéant,
- Justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme européenne en vigueur ou d'un référentiel de certification : la valeur de calcul est égale à la valeur justifiée saisie,
- Par défaut : calculées à l'aide de coefficients de correction Cnn explicités ci-après.

Coefficients de correction Cnn

Pour θ_{amont} , les coefficients de correction en fonction de la température à la source sont pris identiques à ceux définis par la méthode Th-BCE. Pour θ_{aval} , la méthode de calcul Th-BCE définit par défaut une variation de la puissance absorbée de 1% par °C d'écart avec la température aval au point pivot. Le coefficient de correction à une température aval X°C est donc recalculé de la manière suivante :

$$C_{\text{nav_Pabs}}(X; 15) = 1 + 0,01 \times (15 - X) \quad (436)$$

Les coefficients de correction obtenus ainsi sont les suivants :

			Matrice des puissances absorbées					
			θ_{amont} (°C)	-7	2	7	20	35
			Priorité	3	4	1	2	5
θ_{aval} (°C)	2	4			1,13			
	10	2			1,05			
	15	1	0,86	0,95	Pivot	1,13	1,28	
	20	3			0,95			
	26	5			0,89			

	50	6			0,65		
--	----	---	--	--	------	--	--

16.21.4.3.4. Puissance des auxiliaires

La puissance des auxiliaires, $P_{aux_{PAC_CO2}}$ (W), est calculée conformément à la méthode de calcul Th-BCE à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale, $Taux_{PAC_CO2}$:

$$P_{aux_{PAC_CO2}} = P_{abs_pivot_{PAC_CO2}} \times Taux_{PAC_CO2} \quad (15)$$

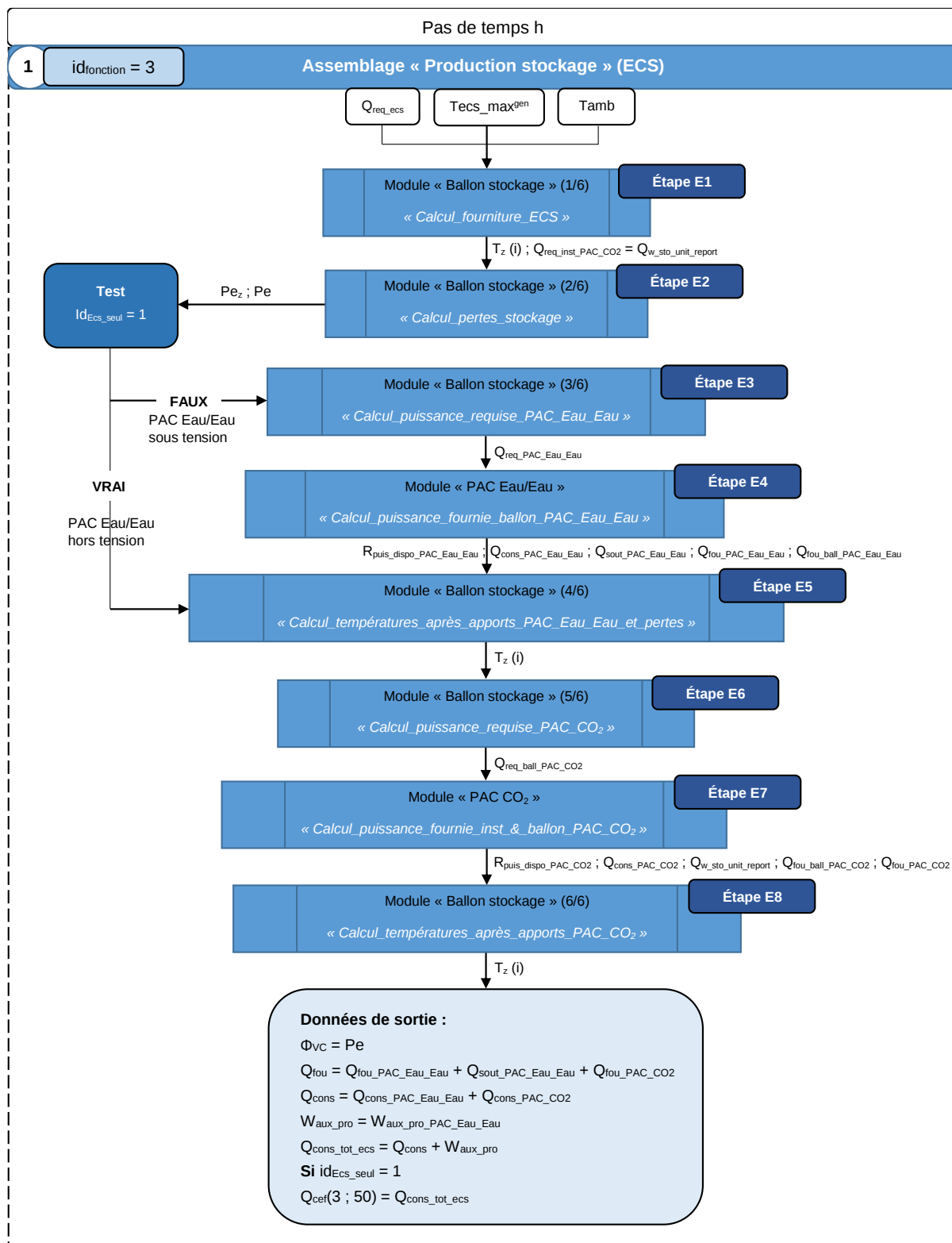
Le statut de la valeur de $Taux_{PAC_CO2}$ ($Statut_Taux_{PAC_CO2}$) peut correspondre aux trois cas suivants :

- 1) Valeur certifiée : la valeur du $Taux_{PAC_CO2}$ est entrée par l'utilisateur et utilisée telle quelle dans le calcul,
- 2) Valeur justifiée : la valeur du $Taux_{PAC_CO2}$ est entrée par l'utilisateur et pénalisée de 10% dans le calcul,
- 3) Valeur par défaut : la valeur du $Taux_{PAC_CO2}$ est prise égale à 0,02.

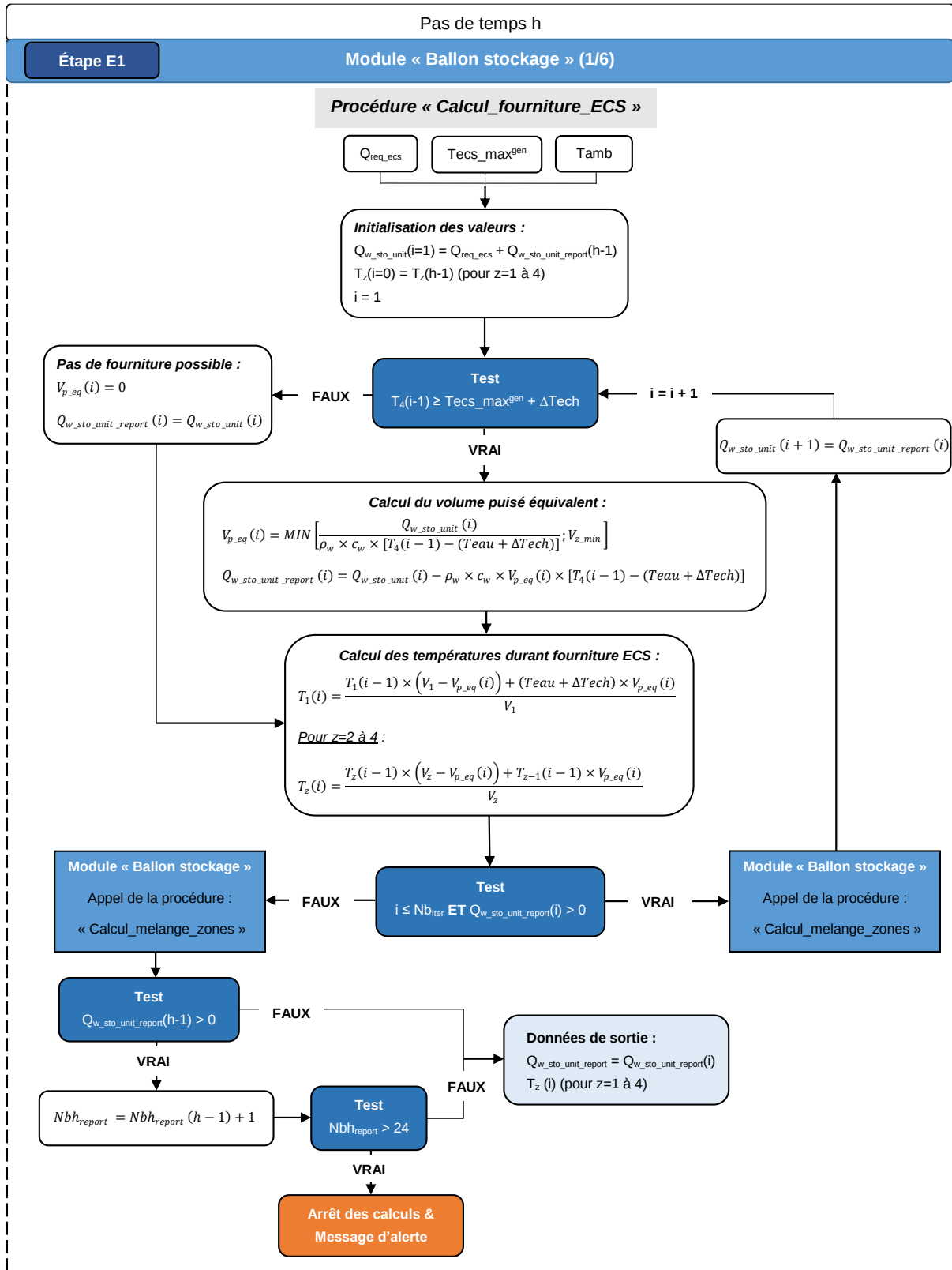
16.21.4.4. *Algorithme de prise en compte au pas horaire*

16.21.4.4.1. Fonctionnement en mode ECS

16.21.4.4.1.1. *Assemblage « Production stockage »*



16.21.4.4.1.2. Module « Ballon stockage »

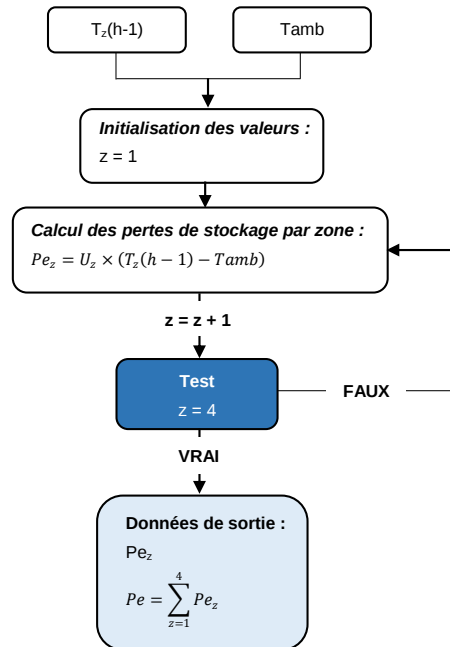


Pas de temps h

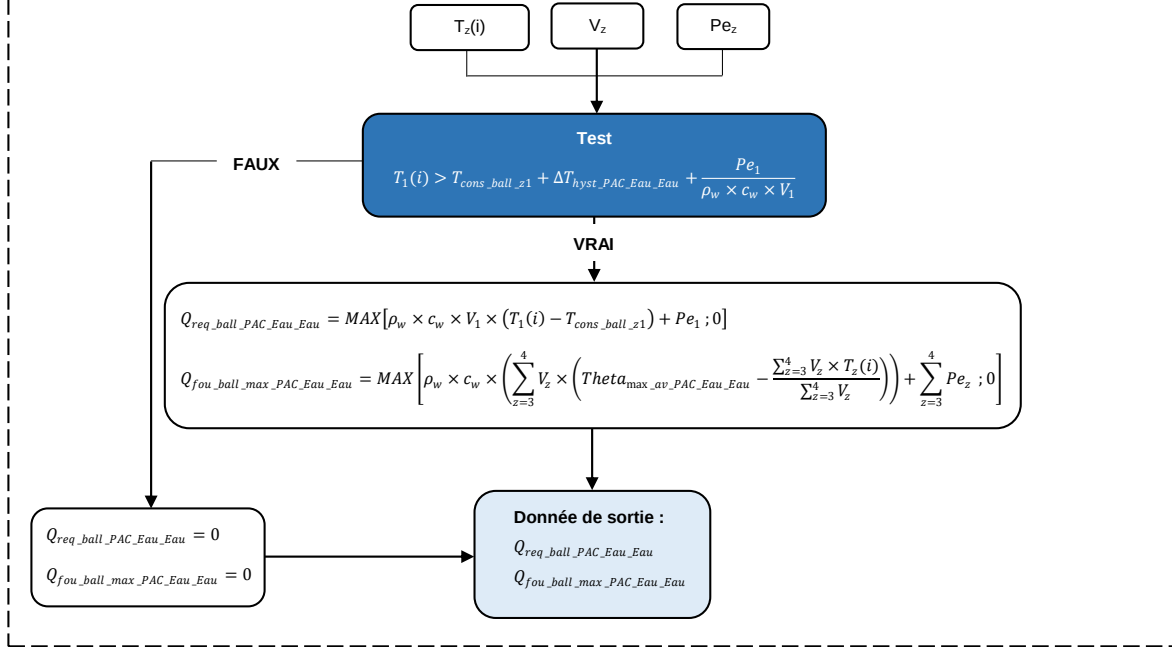
Étape E2

Module « Ballon stockage » (2/6)

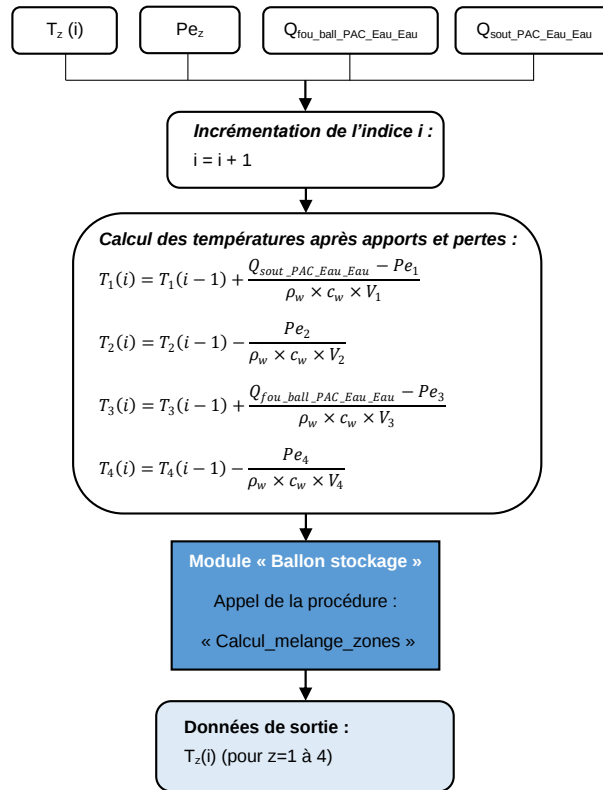
Procédure « Calcul pertes stockage »



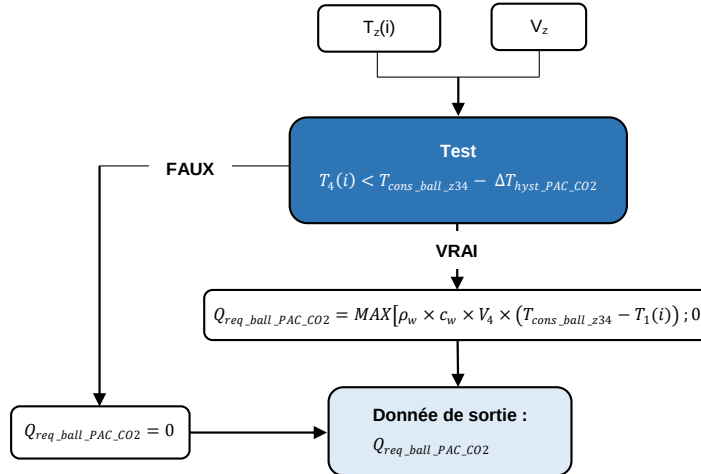
Procédure « Calcul_puissance_requise_PAC_Eau_Eau »

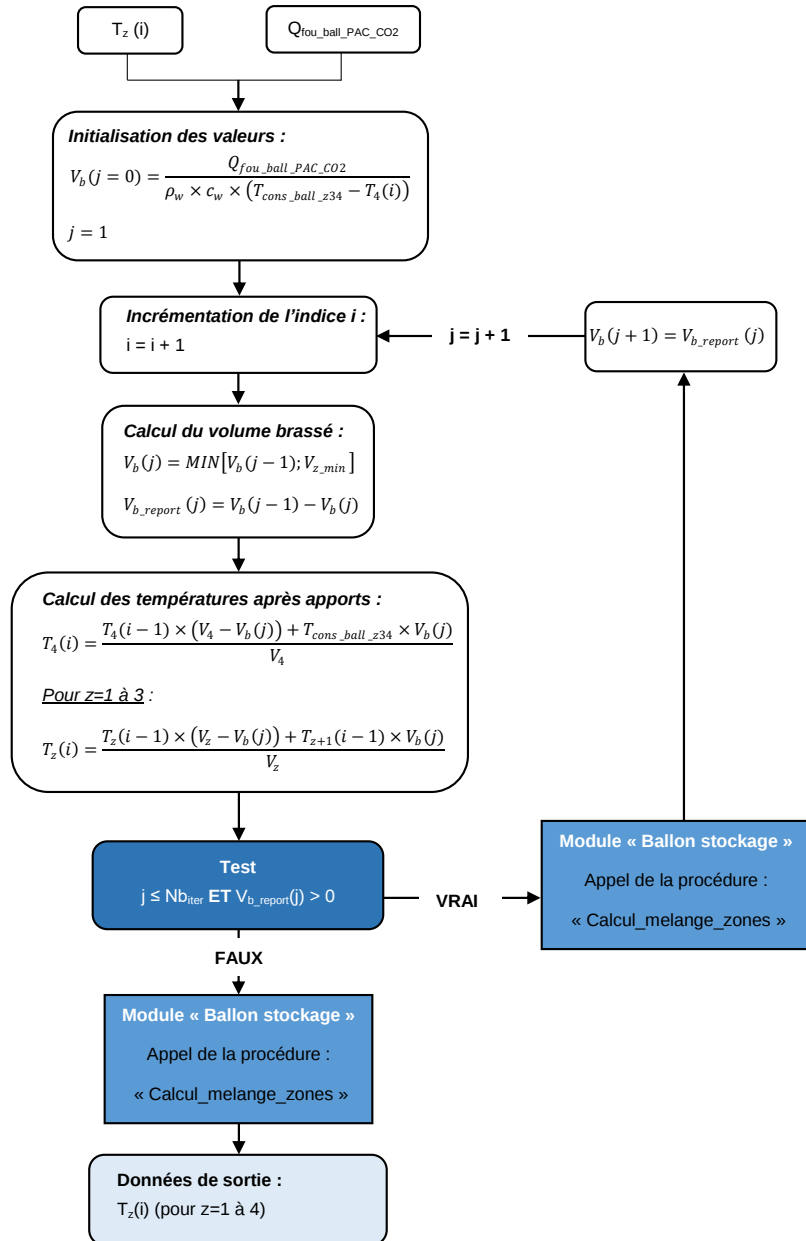


Procédure « Calcul températures après apports PAC Eau Eau et pertes »

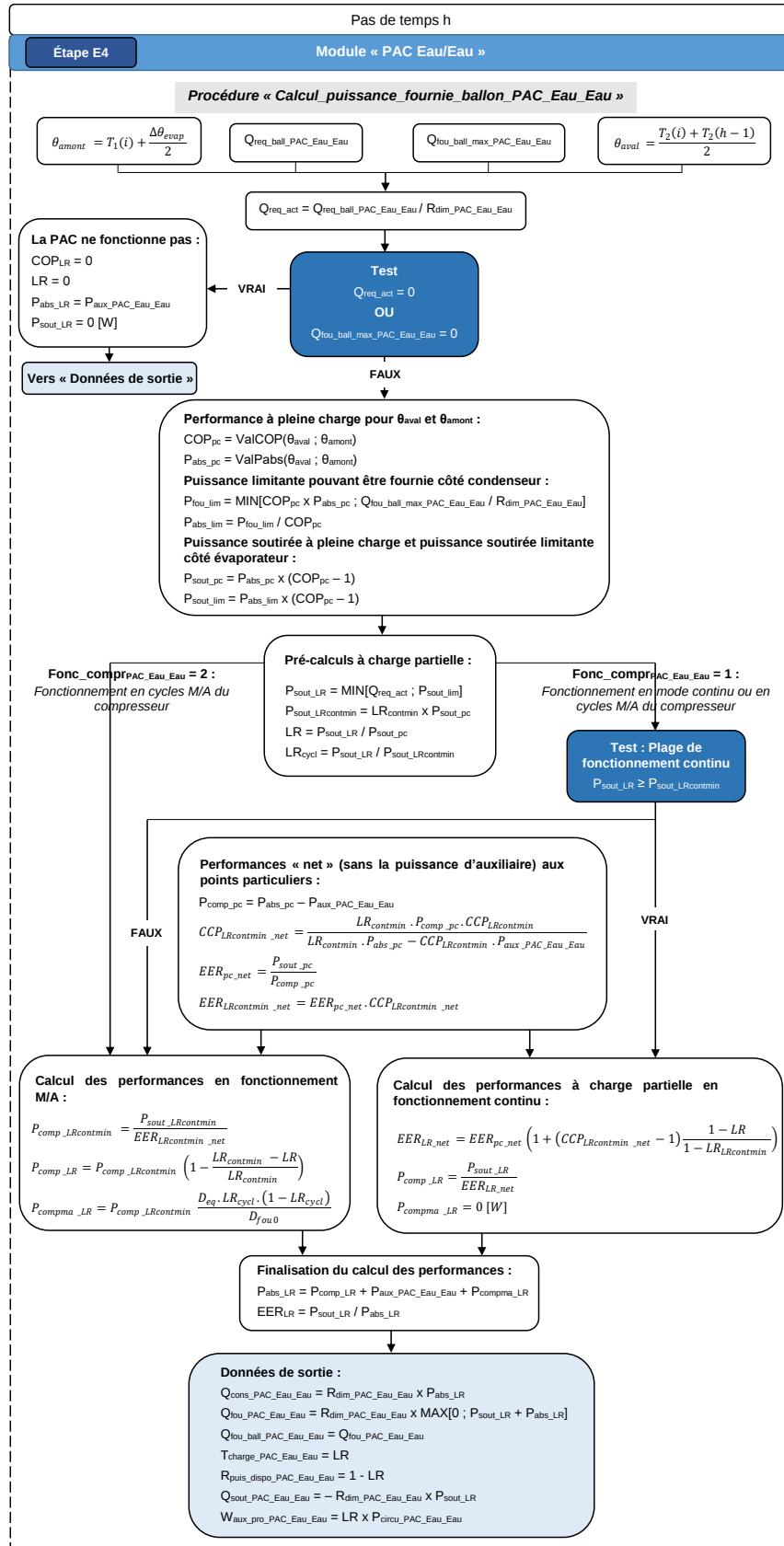


Procédure « Calcul_puissance_requise_PAC_CO₂ »

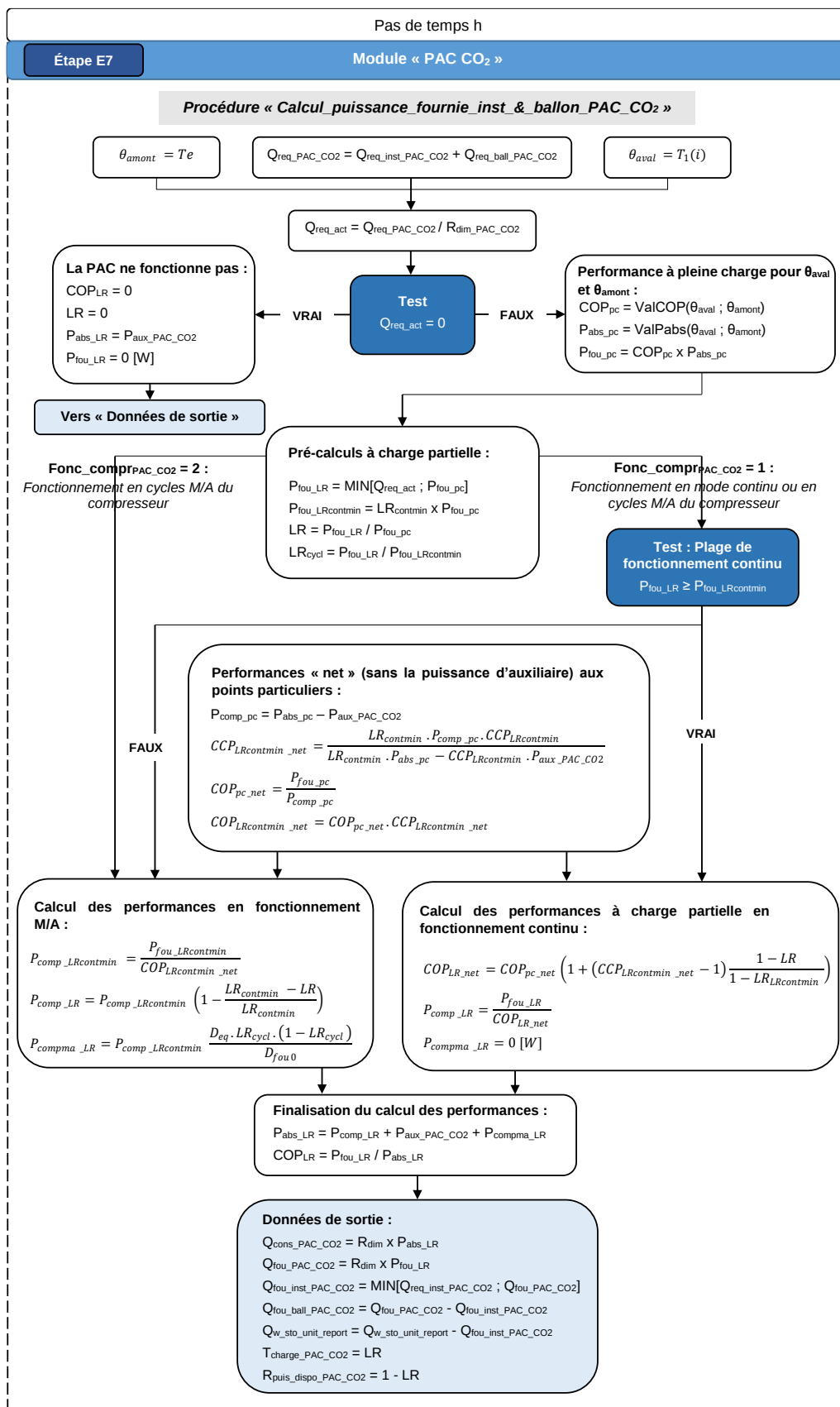


Procédure « Calcul températures après apports PAC_CO₂ »

16.21.4.4.1.3. Module « PAC Eau/Eau »

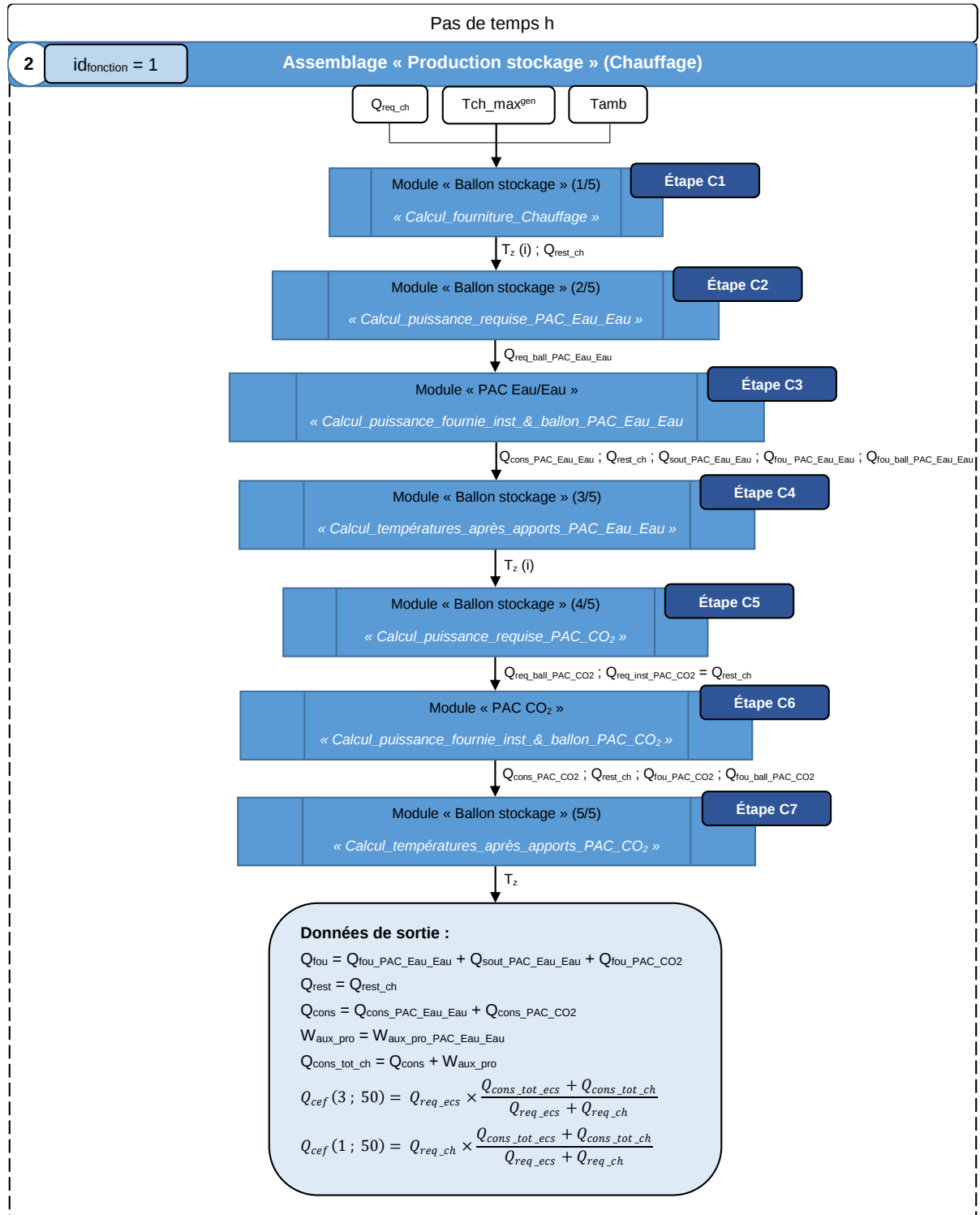


16.21.4.4.1.4. Module « PAC CO2 »

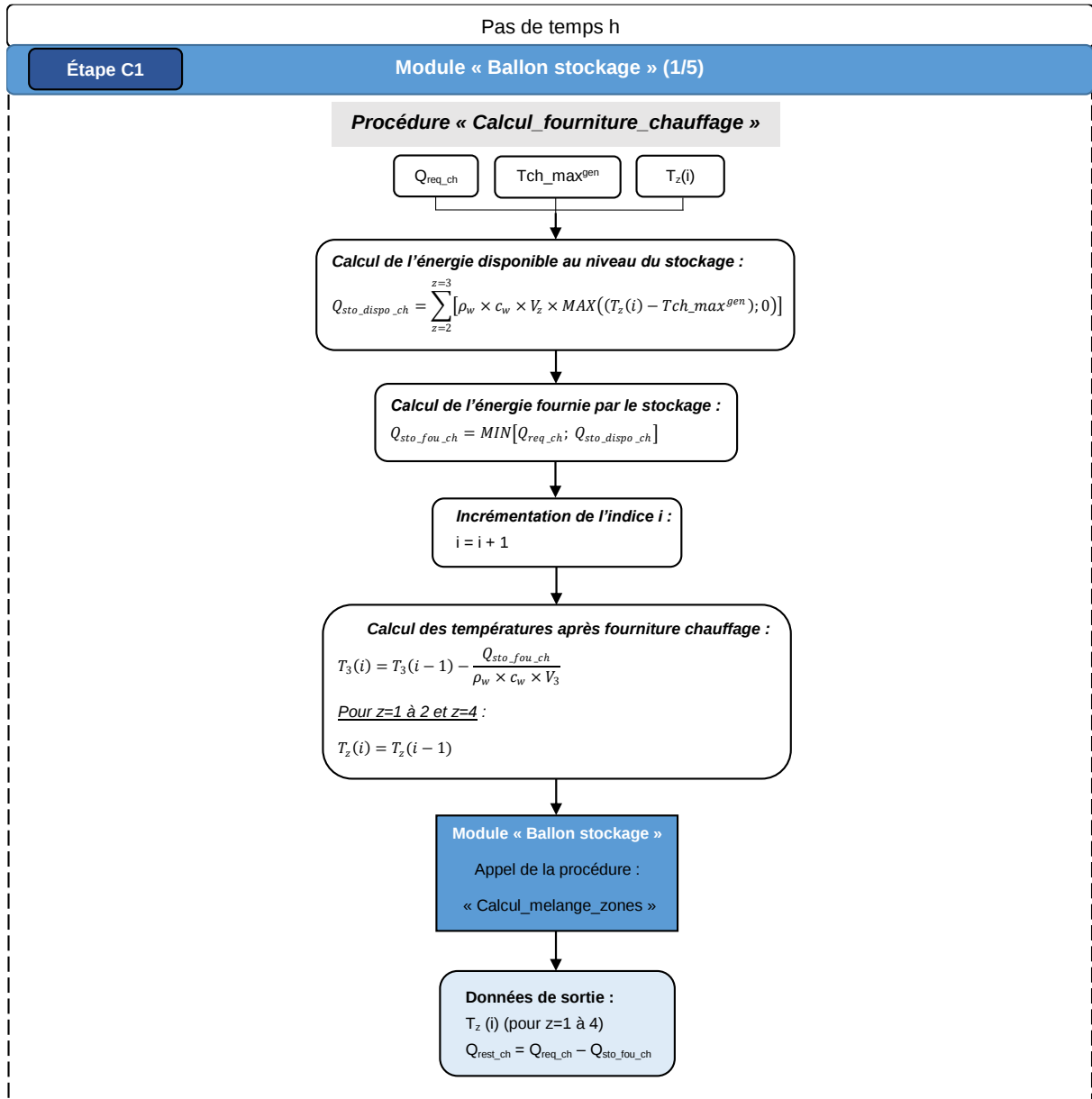


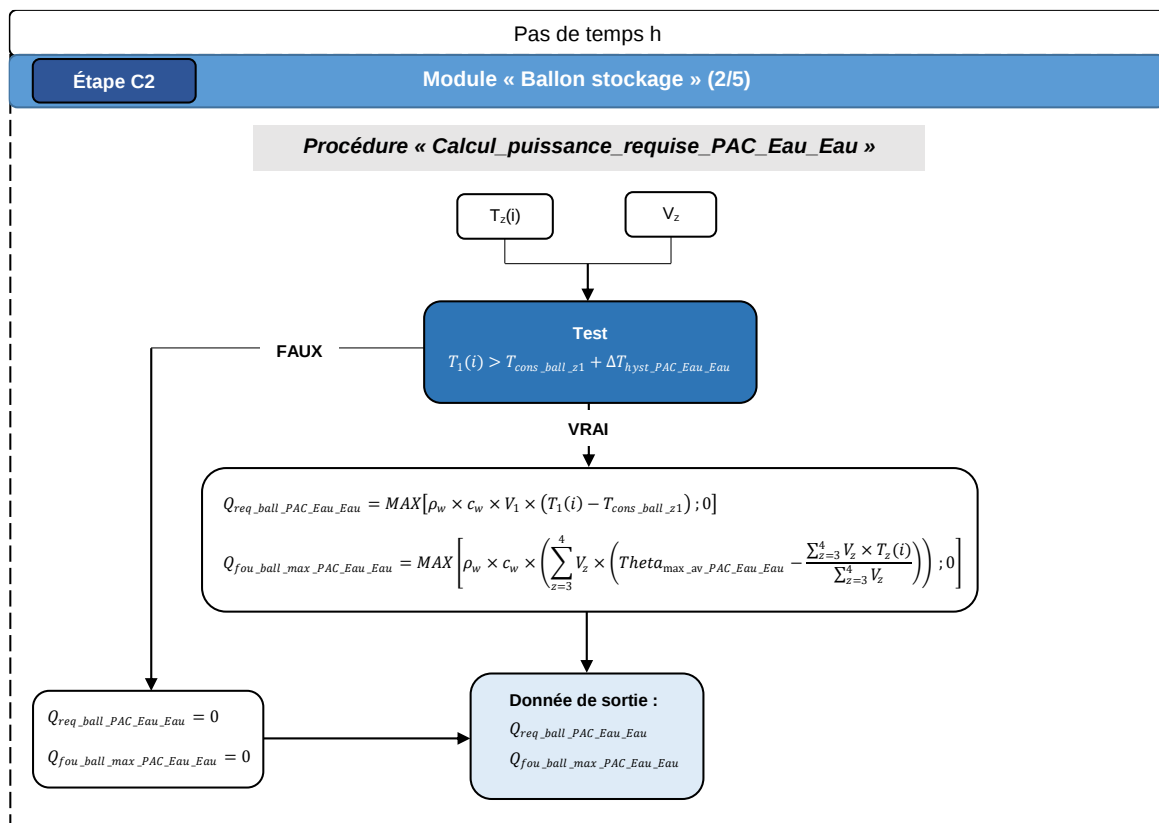
16.21.4.4.2. Fonctionnement en mode chauffage

16.21.4.4.2.1. Assemblage « Production stockage »



16.21.4.4.2.2. Module « Ballon stockage »



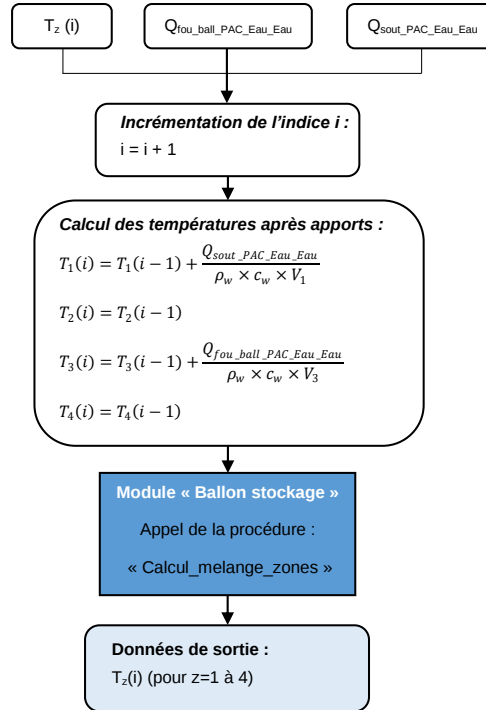


Pas de temps h

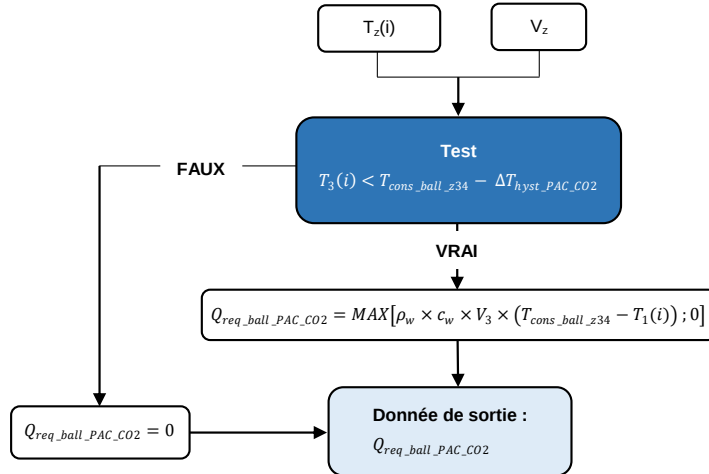
Étape C4

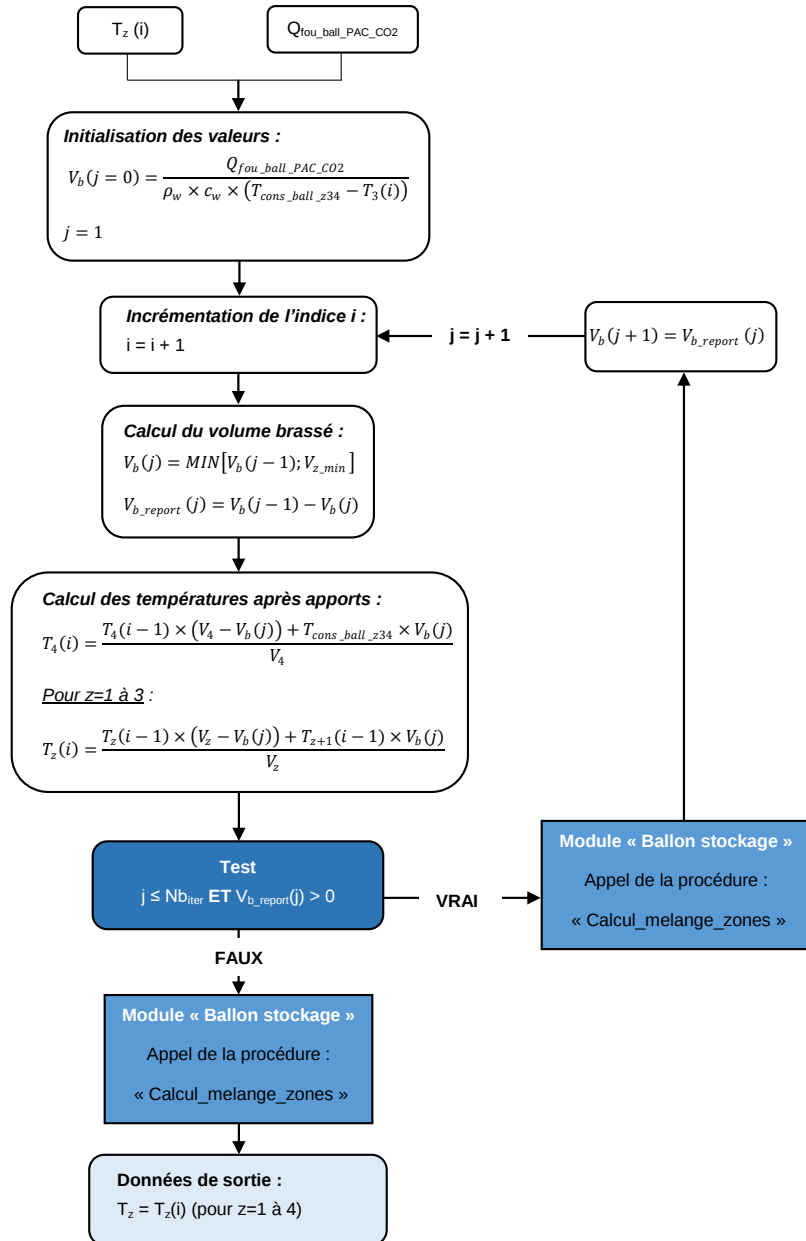
Module « Ballon stockage » (3/5)

Procédure « Calcul_températures_après_apports_PAC_Eau_Eau »

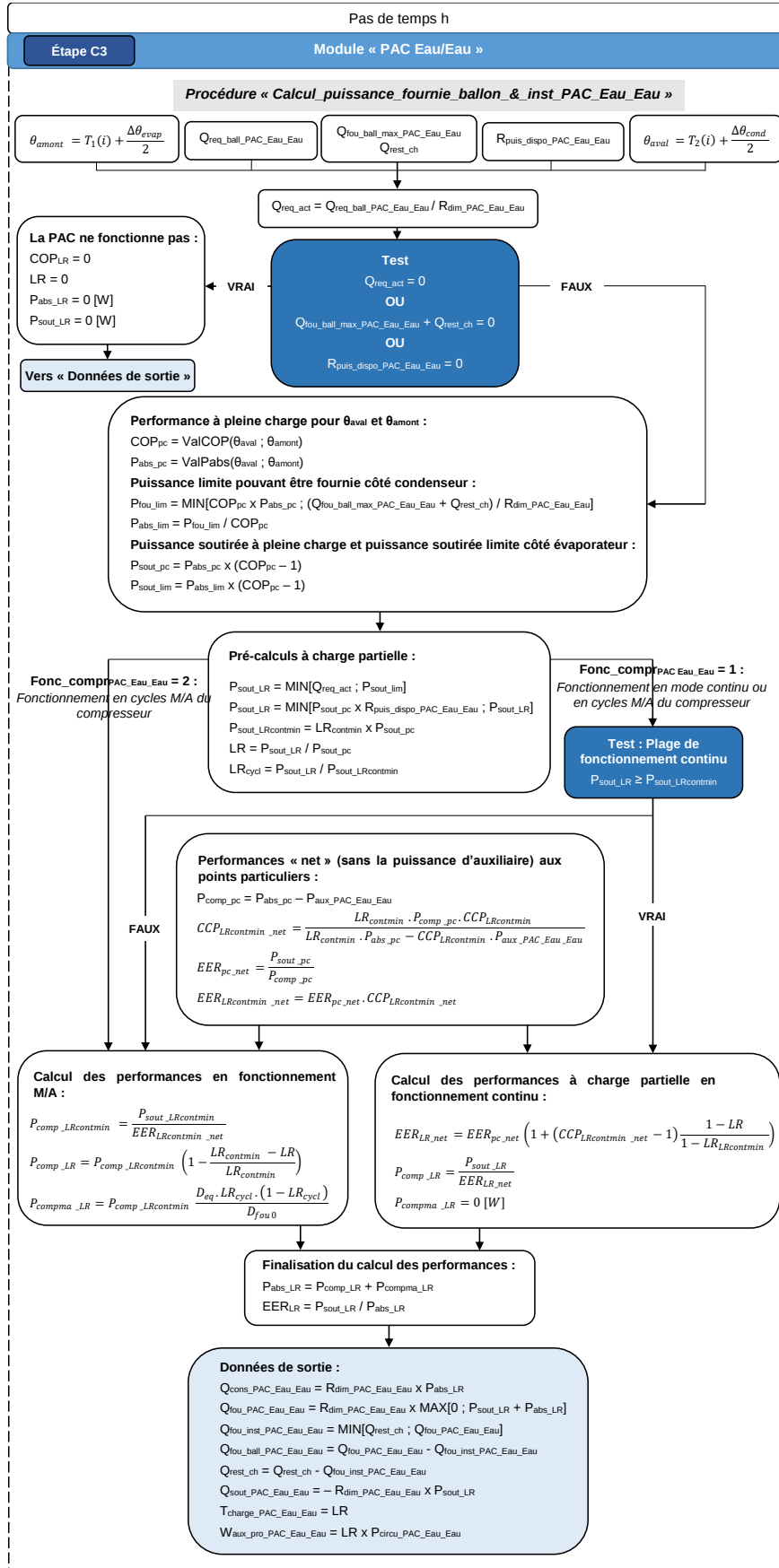


Procédure « Calcul_puissance_requise_PAC_CO₂ »

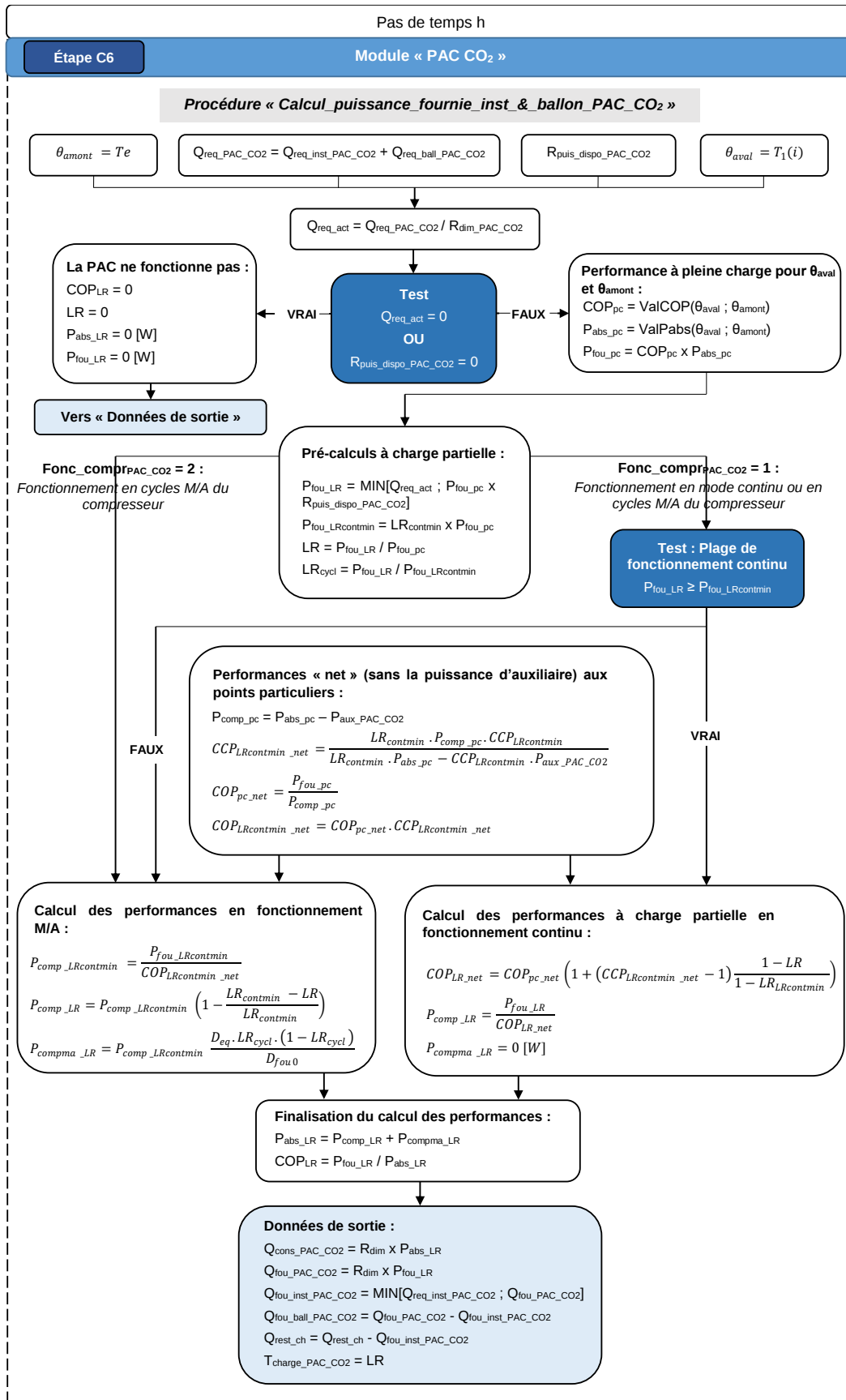


Procédure « Calcul températures après apports PAC_CO₂ »

16.21.4.4.2.3. Module « PAC Eau/Eau »



16.21.4.4.2.4. Module « PAC CO2 »



16.22 **C_GEN_TWIDO production ECS photovoltaïque**

16.22.1 *INTRODUCTION*

Ce chapitre décrit la prise en compte des systèmes TWIDO dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Les systèmes « TWIDO » sont des chauffe-eau permettant de produire et de stocker de l'eau chaude sanitaire via une source de production solaire par panneaux photovoltaïques.

Ces systèmes sont composés de 3 ou 4 ballons de stockage (d'une capacité de 17 ou 34 litres) montés en série, associés à un film chauffant basse température devant maintenir la température de sortie au-dessus de 55°C. Ce film est alimenté électriquement via des panneaux photovoltaïques (PV) et complétée par le réseau électrique.

La production des PV est injectée en priorité dans le ballon en aval du système et jusqu'aux différents ballons en amont si la production est suffisante.

Un dispositif de mitigeage de l'ECS est présent directement en sortie du système.

Le modèle du système TWIDO est assimilé à celui d'un générateur.

16.22.2 *CHAMP D'APPLICATION*

La présente méthode s'applique à l'ensemble des bâtiments à usage d'habitation soumis à la nouvelle réglementation environnementale 2020 respectant les contraintes suivantes :

- La version de 51 L s'applique aux bâtiments consommant de 300 kWh à 2100 kWh d'ECS et doit être associée à une production PV ne dépassant pas 2100 kWh ;
- La version de 102 L s'applique aux bâtiments consommant de 300 kWh à 2700 kWh d'ECS et doit être associée à une production PV ne dépassant pas 3000 kWh ;
- La version de 136 L s'applique aux bâtiments consommant de 300 kWh à 2700 kWh d'ECS et doit être associée à une production PV ne dépassant pas 6000 kWh.

Seuls les systèmes présentant une production photovoltaïque alimentant directement la production d'ECS sans passer par le réseau électrique sont ici pris en compte.

16.22.3 NOMENCLATURE

Le Tableau 38 donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du module					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Drp*	Rayonnement direct incident	W/m ²			
Dfp*	Rayonnement diffus incident	W/m ²			
Rrp*	Rayonnement réfléchi incident	W/m ²			
θ	Angle entre le rayonnement incident direct et la normale au module en degrés	°			
Text	Température de l'air ambiant extérieur	°C			
Tciel	Température de ciel pour la prise en compte du rayonnement vers la voûte céleste	°C			
Vent	Vitesse du vent corrigée à 10 m de hauteur	m/s			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Type_Techno_Capteur	Identification de la technologie des modules.	Ent.	-	5	
P_c	Puissance crête nominale garantie d'un module en condition STC : c'est la puissance crête nominale garantie des modules. Elle s'obtient en appliquant sur la puissance crête nominale des modules une tolérance de $x\%$. $x\%$ est la tolérance sur la puissance crête nominale en condition STC qui est garantie par le fabricant de modules	W	0	0	0
Valeur_Declaree_De_faut	Caractéristiques de la technologie monocristalline 0 : Valeur par défaut 1 : Valeur déclarée 2 : Valeur justifiée 3 : Valeur certifiée				

μ	Coefficient de température de la puissance crête telle que définie dans CEI61215 et CEI61646	°C ⁻¹	0	0.006	
NOCT	Température d'équilibre thermique du module telle que définie dans CEI61215 et CEI61646	°C	40	90	

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
N	Nombre de modules PV composant le champ photovoltaïque. <i>Doit être rendu dispo en sortie aussi.</i>	.	1	-	-
β	Inclinaison par rapport à l'horizontale des modules.	°	0	90	
α	Azimut, de la surface plane formée par les modules	°	0	360	-
S	Surface ensoleillée du module en œuvre	m ²	0	+	-
Type_Confinement	Type de confinement thermique de la face arrière (C _i). 0 : Face Arrière Libre 1 : Face Arrière Confinée 2 : Autre	Ent.	0	2	-

Sorties

Nom	Description	Unité
P _{PV}	Puissance électrique produite par le module au point de puissance maximum sur les caractéristique U-I, au pas de temps h.	W

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
P _{mpp}	La puissance MPP (<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 moyenne des modules constituant le champ photovoltaïque.	°C			
θ_1	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus de ciel depuis les modules PV. C'est une fonction de 1 variable,	°			

θ_2	Angle moyen, depuis les modules PV, de rayonnement diffus d'albédo. C'est une fonction de 1 variable,	°			
F_{opt}	Coefficient de perte optique par réflexion. C'est une fonction de 1 variable,	.			
G	Rayonnement incident efficace dans le plan des modules C'est une fonction de 5 variables,	.			
η_{STC}	rendement électrique du module aux conditions STC	.	-	-	-
μ_{util_min}	Valeur minimale du coefficient de température de la puissance crête 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	-	-	-
Γ	Correctif basse lumière du rendement du module PV monocristallin Si (valeur saisie par défaut en fonction de la technologie)	-	0,07	0,07	
U1	Coefficient de transfert thermique entre le capteur et l'ambiance	W.m ⁻² .K ⁻¹	0	+∞	
U2	Coefficient de transfert thermique entre le capteur et la voûte céleste	W.m ⁻² .K ⁻¹	0	+∞	5
$\Delta T_{c,r}$	Ecart de température de référence entre la température d'air ambiant et la voûte céleste	°C	-50	+50	-13°C
C_T	Le degré de confinement thermique de la face arrière des modules ; 3 niveaux offerts à l'utilisateur : 1 // 1.5 // 2..	.	1	2	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$\tau\alpha$	Coefficient de transmission-absorption solaire des modules		0,9
Fm	Coefficient de perte par connectique et mismatch		0,97

Tableau 38 – Nomenclature des différentes variables du modèle.

16.22.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le calcul réalisé consiste tout d'abord à calculer la production des panneaux PV du système, puis à fournir cette production au ballon de stockage d'ECS.

16.22.4.1. Définition des caractéristiques du capteur photovoltaïque

La liste des technologies de panneaux photovoltaïque prises en compte est la suivante :

	mono cristallin Si	multi cristallin Si	CdTe	CIS	amorphe :Si	autre
--	--------------------	---------------------	------	-----	-------------	-------

Tableau 39 : : Listes des technologies dans lequel l'utilisateur doit s'inscrire

La méthode de calcul offre quatre alternatives dans la définition des performances que sont P_c , μ et NOCT :

- La saisie directe de la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes harmonisées NF EN 61215 ou NF EN 61466,
- La saisie de la valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes harmonisées NF EN 61215 ou NF EN 61466,

Si la valeur est justifiée. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

0,9* P_c justifiée

1,10* μ justifié

1,10* NOCT justifié

- Si la valeur est déclarée. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

0,8* P_c déclarée

Max (1,20* μ déclarée ; $\mu_{\text{util_min}}$)

Max (1,20* NOCT déclarée ; NOCT_{util_min})

- Si la valeur est par défaut. Les valeurs de calcul sont définies de la façon suivante :

La saisie d'une valeur de puissance, P_c , est nécessaire.

0,8* P_c déclarée

1,20* $\mu_{\text{util_min}}$

1,20* NOCT_{util_min}

Avec :

°C ⁻¹	Mon cristallin	Multi cristallin SI	CdTe	CIS	Amorphe Si	Autre
------------------	-------------------	------------------------	------	-----	---------------	-------

	SI					
$\mu_{\text{util_min}}$	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 40 : Valeurs par défaut de Γ disponibles pour l'utilisateur en fonction de la technologie.

Le capteur photovoltaïque est caractérisé par ses coefficients d'échange thermiques U1 et U2 avec l'air ambiant et avec la voûte céleste, qui sont tous deux fixés conventionnellement :

$$U1 = \frac{1}{C_T} \cdot \left[\frac{\tau\alpha \cdot 800}{(\text{NOCT} - 20)} - \frac{Fr \cdot U2 \cdot (\text{NOCT} - \Delta T_{c,r} - 20)}{(\text{NOCT} - 20)} \right] \quad (437)$$

$$U2 = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (438)$$

Avec

$$Fr = \frac{1 + \cos(30^\circ)}{2} \quad (439)$$

$$F = \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \quad (440)$$

16.22.4.2. Calcul de la puissance électrique produite par un module PV

Le cœur du modèle est constitué par la relation suivante permettant de calculer la puissance électrique produite par le module au pas de temps h , P_{PV} :

$$P_{PV} = P_{mpp}(G, T_m) \cdot N \cdot F_m \quad (441)$$

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 $^\circ\text{C}$.

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 :

$$P_{mpp}(G, T_m) = P_c \cdot \frac{G}{1000} \cdot \text{Max} \left(0, 1 + \Gamma \cdot \text{Ln} \left(\frac{\text{Max}(110^{-4}, G)}{1000} \right) \right) \cdot (1 - \mu \cdot (T_m - 25)) \quad (442)$$

Définition de la température du module T_m :

La température moyenne des modules constituant le champ photovoltaïque (T_m) est calculée comme suit:

$$T_m = \frac{U1 \cdot T_{ext}}{U1 + F \cdot U2} + \frac{F \cdot U2 \cdot T_{ciel}}{U1 + F \cdot U2} + \frac{G \cdot (\tau\alpha - \eta_{STC})}{U1 + F \cdot U2} \quad (443)$$

Définition de G :

G , [W/m^2]: rayonnement incident efficace dans le plan des modules :

$$G = (F_{opt}(\theta) \cdot Drp^* + F_{opt}(\theta_1) \cdot Dfp^* + F_{opt}(\theta_2) \cdot Rrp^*) \quad (444)$$

Définition de la fonction $F_{opt}(x)$:

$$F_{opt}(x), [.]: F_{opt}(x) = 1 - 0.05 \cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\text{MIN}(87, x) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - 1} \right) : \text{coefficient de perte optique par réflexion.}$$

x , [$^\circ$] : angle par rapport à la normale au module.

Définition de la fonction θ_1 :

θ_1 , [$^\circ$] : $\theta_1 = 59.7 - 0.13888 \cdot \beta + 0.001497 \cdot \beta^2$ angle moyen de rayonnement diffus de ciel par rapport à la normale aux modules.

Définition de la fonction θ_2 :

θ_2 , [$^\circ$] : $\theta_2 = 90 - 0.5788 \cdot \beta + 0.002693 \cdot \beta^2$ angle moyen de rayonnement diffus d'albédo par rapport à la normale aux modules.

Définition de C_T :

C_T , [.]: Coefficient de confinement thermique, 3 niveaux possibles sont offerts à l'utilisateur :

- Face arrière libre : $\delta = 1$ (exemple : brise soleil avec face arrière directement en contact avec l'air ambiant).
- Face arrière confinée : $\delta = 2$ (exemple : intégration sur toiture isolée et sans ventilation aménagée spécifiquement pour le champ PV ou double vitrage en face arrière).
- Autre : $\delta = 1,5$
- Valeur par défaut : $\delta = 2$

16.22.4.3. Gestion du générateur TWIDO

Le générateur TWIDO est considéré comme un générateur de base pour la production stockage.

Dès qu'une production électrique a lieu au niveau du générateur, celle-ci vient alimenter le ballon de stockage, à l'image de ce qui est fait pour les boucles solaires.

Ainsi, l'énergie produite P_{pv} est-elle fournie directement au ballon de stockage, moyennant la température maximale du ballon de stockage, et vient diminuer l'énergie restant à fournir par le générateur d'appoint.

$$Q_{fou,ecs} = P_{pv} \quad (445)$$

$$Q_{rest} = Q_{req} - Q_{fou,ecs} \quad (446)$$

16.23 C_GEN_Récupération_de_chaleur_sur_chambres_froides_BOOSTHERM

16.23.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système dit de « récupération de chaleur sur chambres froides » de la société BOOSTHERM.

Le système de récupération de chaleur sur chambres froides traité ici est un échangeur de chaleur fluide frigorigène / eau intercalé entre le compresseur et le condenseur à air d'une chambre froide. Il permet de chauffer de l'eau en exploitant la chaleur extraite de la chambre froide lorsque l'on procède à son refroidissement et maintien en température. L'échangeur est ici un échangeur à plaques. L'eau entrant dans l'échangeur est prise en pied de ballon, l'eau en sortant arrive en tête de ballon.

16.23.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tous type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020 et liés à une activité de restauration.

Les usages concernés par cette méthode de calcul sont donc :

- Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)
- Restauration - 1 repas /jour, 5j/7
- Restauration - 2 repas /jour, 6j/7
- Restauration - 2 repas /jour, 7j/7
- Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7
- Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7

Dans tous les cas, le système de récupération sur chambres froides jouera le rôle de générateur de base pour un volume de stockage (un ou plusieurs ballons). Il sera indispensable de saisir un appoint (électrique ou autre) sur ce volume de stockage.

Les circulateurs choisis seront fonction du module de récupération installé :

- Boostherm 5 et 10kW : Ecocirc E3 : 15-3/65
- Boostherm 20 - 45 - 70kW : Wilo Para Z 7
- Boostherm 100kW : Wilo Stratos PARA-Z 25/1-8

Le choix du circulateur permettra de déduire le débit maximal et la consommation associée.

De même, l'auxiliaire de régulation aura une consommation fixe de 5W lié au transfo de régulation Boosterm 5W - EI42 Myrra 44239.

16.23.3 NOMENCLATURE

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
$a_{\theta_{\text{aval}}}$	Température aval de l'ECS	°C				
$Q_{\text{req_ecs}}(\text{h})$	Demande en énergie en eau chaude sanitaire	Wh				
id_{fonction}	Mode de fonctionnement sollicité : 3 : ECS	Ent				1
$Id_{\text{fluide_aval}}$	Nature du fluide aval : 1 : eau	Ent	1	2		1
$i_{\text{ECS_seule}}$	Indicateur de production ECS seule.	Bool				
Paramètres intrinsèques du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
Name	Nom du composant	-	-	-		
Index	Identifiant unique d'un composant	Ent	0	$+\infty$		
Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf	
Type_recuperation_Boostherm	Type de système BOOSTHERM 1 – BOOSTHERM 5 kW 2 – BOOSTHERM 10 kW 3 – BOOSTHERM 20 kW 4 – BOOSTHERM 45 kW 5 – BOOSTHERM 70 kW 6 – BOOSTHERM 100 kW	-	1	6		
P_condensation_constructeur	Puissance de condensation de la chambre froide donnée par le constructeur	W	0	$+\infty$		
Rdim	Nombre de générateurs BOOSTHERM identiques	-	0	$+\infty$		1
Sorties						
Nom	Description	Unité				
$Q_{\text{fou,ecs}}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur BOOSTHERM en ECS.	Wh	0	$+\infty$		
Q_{cons}	Consommation horaire de l'assemblage en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$		

$Q_{rest,ecs}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{cef,ecs}$	Consommation en énergie finale du générateur	Wh	0	$+\infty$	
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance	Wh	0	$+\infty$	
$W_{aux_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires du générateur	Wh	0	$+\infty$	
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur en ECS au pas de temps h	H	0	1	
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
Débit _{bridage}	Débites de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
Débit _{bridage01}	Débites de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	1000
Débit _{bridage02}	Débites de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	400
Débit _{bridage03}	Débites de bridage des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	2000
Débit _{dimensionnement}	Débit de dimensionnements du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
débit _{maximal}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
débit _{maximal01}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	1500
débit _{maximal02}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	3300
débit _{maximal03}	Débit maximal du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	8000
Débit _{pompe}	Débit des pompes du BOOSTHERM	kg/h	0	$+\infty$	
$P_{aux_regulation}$	Puissance des auxiliaires de régulation	W	0	$+\infty$	5
$P_{condens_reel}$	Puissance réelle de condensation	W	0	$+\infty$	
P_{pompe}	Puissance des pompes	W	0	$+\infty$	0
P_{aux}	Puissances des auxiliaires	W	0	$+\infty$	
P_{fou}	Puissance fournie par le BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	

Puissance _{bridage}	Puissance de bridage	W	0	$+\infty$	
Puissance _{bridage01}	Pompe de bridage pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	17
Puissance _{bridage02}	Pompe de bridage pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	35
Puissance _{bridage03}	Pompe de bridage pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	70
Puissance _{condensation}	Puissance de condensation	W	0	$+\infty$	
Puissance _{dispo}	Puissance récupérable par le système BOOSTHERM en amont du condenseur du groupe	W	0	$+\infty$	
Puissance _{dispo_pouvant_être_fournie}	Puissance disponible pouvant être fournie par le groupe frigorifique	W	0	$+\infty$	
Puissance _{max}	Puissance maximale du BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	
Puissance _{max01}	Puissance maximale pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	27
Puissance _{max02}	Puissance maximale pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	45
Puissance _{max03}	Puissance maximale pour certains modèles de BOOSTHERM	W	0	$+\infty$	130
taux_charge	Rapport du débit de la pompe du BOOSTHERM sur le débit de bridage	-	0	1	
Theta_aval_ECS	Température de la source aval (ECS)	°C			

Tableau 41 - Nomenclature du modèle

16.23.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.23.4.1. Description des étapes de modélisation

La puissance de condensation disponible est fonction du matériel installé. On considère que 100% de

la puissance de condensation est disponible de 7h à 12h puis de 15h à 20h.

La puissance disponible est, dans un premier temps, modulée en fonction de la qualité de l'échangeur.

$$P_{dispo} = \alpha_{échangeur} * P_{condens_chambre_froide} \quad (447)$$

Par défaut : $\alpha_{\text{échangeur}} = 0,9$

La puissance disponible calculée est ensuite bridée en fonction du besoin ECS au pas de temps horaire mais aussi en fonction du débit maximum pouvant être fourni par la pompe. En effet, le débit s'adapte en fonction de la température revenant du ballon pour fournir de l'eau à 55°C.

En fonction du type de module de récupération Boostherm choisi, une pompe est identifiée. Il est choisi d'identifier le débit maximum et la puissance maximum associé à ce débit. Afin de brider le fonctionnement de la machine à un débit plus bas que le débit maximum, le débit bridé est introduit comme le minimum entre le débit maximal et le débit de dimensionnement. Le débit de dimensionnement est en effet le débit pour fournir la puissance disponible pour une différence de température de 20K entre l'entrée et la sortie :

$$\text{débit}_{\text{bridage}} = \min\left(\text{débit}_{\text{maximal}}; \frac{P_{\text{dispo}}}{1,16 * 20}\right) \quad (448)$$

En bridant donc le débit de la pompe au débit de bridage, le débit horaire s'exprime :

$$\text{débit}_{\text{pompe}} = \min\left(\frac{P_{\text{dispo}}}{1,16 * (55 - \theta_{\text{aval}})}; \text{débit}_{\text{bridage}}\right) \quad (449)$$

Cela permet de calculer le taux de charge :

$$\tau_{\text{charge}} = \frac{\text{débit}_{\text{pompe}}}{\text{débit}_{\text{bridage}}} \quad (450)$$

Et ainsi d'en déduire la puissance auxiliaire consommée, somme de la puissance liée à la pompe et de la puissance liée aux auxiliaires de régulation :

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{circulateur}} + P_{\text{aux_regulation}} \quad (451)$$

Pour rappel, la puissance du circulateur est liée au choix du module de récupération choisi alors que la puissance d'auxiliaire de régulation est fixée à 5W pour l'ensemble des modules.

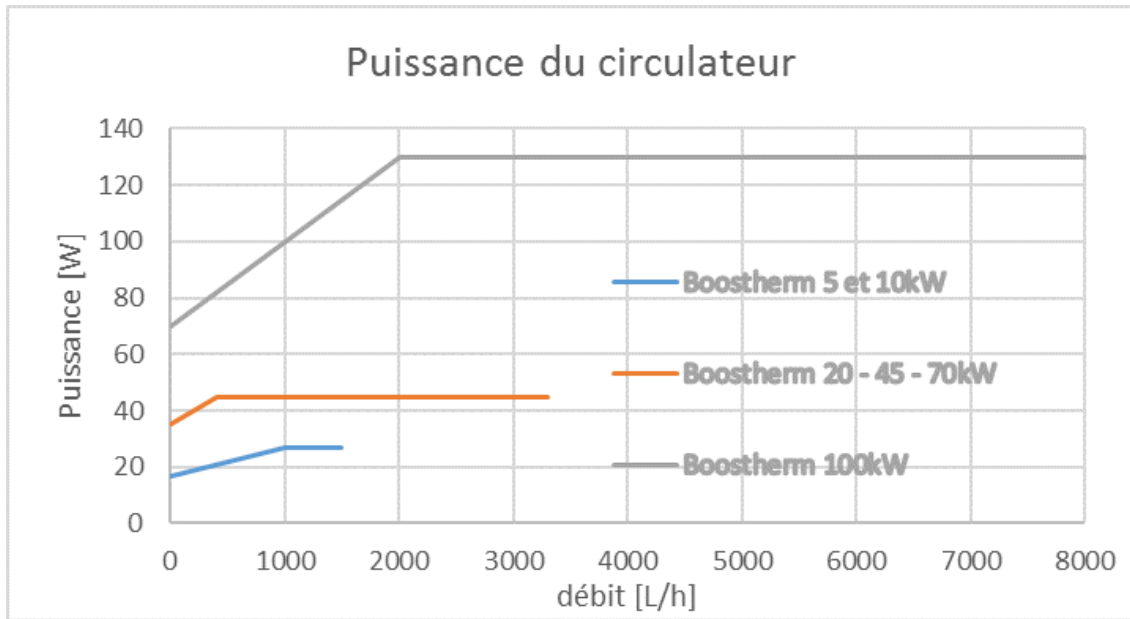


Figure 16 – évolution de la puissance du circulateur en fonction du type de récupérateur BOOSTHERM et du débit

La puissance utilisable par la base du ballon ECS sera alors le minimum entre la puissance de base requise par le ballon Q_{req} et la puissance pour remonter la température du ballon à 55°C :

$$P_{util} = \min[(1,16 * débit_{pompe} ; (55 - \theta_{aval}) * Q_{req}] \quad (452)$$

16.23.4.2. Description mathématique

Il y a dans un premier temps une initialisation des variables, en fonction du type de système de récupération choisi. On récupère le type de système choisi par l'utilisateur.

$$Type_récupération_BOOSTHERM = Data.Type.récupération.BOOSTHERM \quad (453)$$

La valeur de la variable Type_récupération_Boostherm est ensuite testée dans les trois conditions suivantes.

1. Si le système BOOSTHERM choisi est de type 5kW ou 10 kW, alors

$$débit_{maximal} = débit_{maximal}01 \quad (454)$$

$$puissance_{max} = puissance_{max}01 \quad (455)$$

$$débit_{bridage} = débit_{bridage}01 \quad (456)$$

$$puissance_{bridage} = puissance_{bridage}01 \quad (457)$$

2. Si le système BOOSTHERM choisi est de type 20kW ou 45 kW ou 70 kW, alors

$$débit_{maximal} = débit_{maximal}02 \quad (458)$$

$$puissance_{max} = puissance_{max}02 \quad (459)$$

$$débit_{bridage} = débit_{bridage}02 \quad (460)$$

$$puissance_{bridage} = puissance_{bridage}02 \quad (461)$$

3. Sinon, pour le récupérateur de 100 kW, alors

$$débit_{maximal} = débit_{maximal}03 \quad (462)$$

$$puissance_{max} = puissance_{max}03 \quad (463)$$

$$débit_{bridage} = débit_{bridage}03 \quad (464)$$

$$puissance_{bridage} = puissance_{bridage}03 \quad (465)$$

On récupère la puissance de condensation réelle.

$$P_{condens_reel} = \text{Puissance}_{condensation} \quad (466)$$

Si la puissance de condensation réelle est supérieure à 0, alors {

$$\text{Puissance}_{condensation} = P_{condens_reel} \quad (467)$$

On initialise les variables telles que Besoin_ECS, taux_charge, Paux, Pfou.

On récupère du moteur les variables suivantes :

- aQreq
- aTheta_aval

Et on pose

$$\text{Besoins}_{ECS} = Q_{req_ecs} \quad (468)$$

Et

$$\text{Theta_aval_ECS} = a\text{Theta_aval} \quad (469)$$

Si besoins_ECS > 0 alors

Si Theta_aval_ECS inférieure à 55°C alors

Si l'heure est comprise entre 7h et 12 ou entre 15h et 21h, alors

On détermine la puissance disponible.

$$\text{Puissance}_{dispo} = 0,9 * \text{Puissance}_{condensation} \quad (470)$$

On détermine ensuite le débit de dimensionnement.

$$\text{Débit}_{\text{dimensionnement}} = \frac{\text{Puissance}_{\text{dispo}}}{1,16 * 20} \quad (471)$$

On détermine le débit de bridage.

$$\text{Débit}_{\text{bridage}} = \text{Min} (\text{Débit}_{\text{dimensionnement}} , \text{Débit}_{\text{maximal}}) \quad (472)$$

On limite cette puissance disponible calculée par rapport au débit pouvant être fourni.

$$\text{débit}_{\text{pompe}} = \text{Min} \left(\frac{\text{Puissance}_{\text{dispo}}}{1,16 * (55 - \text{Theta}_{\text{aval_ECS}})} , \text{débit}_{\text{bridage}} \right) \quad (473)$$

$$\begin{aligned} \text{Puissance}_{\text{dispo_pouvant_être_fournie}} \\ = 1,16 * \text{débit}_{\text{pompe}} * (55 - \text{Theta}_{\text{aval_ECS}}) \end{aligned} \quad (474)$$

Dans l'équation suivante, Besoin_ECS a été converti en W (pas de temps d'1h)

$$P_{\text{fou}} = \text{Min} (\text{Besoins_ECS} , \text{Puissance}_{\text{dispo_pouvant_être_fournie}}) \quad (475)$$

Fin du Si sur les heures

Fin du Si sur Theta_aval_ECS inférieur à 55°C.

Fin du Si sur Besoin_ECS supérieur à zéro.

Pour la suite, on détermine Paux.

Si le débit pompe (debit_pompe) vaut zéro.

$$P_{\text{pompe}} = \text{Puissance}_{\text{bridage}} \quad (476)$$

Sinon, si le débit pompe est inférieur au débit de bridage

$$P_{pompe} = Puissance_{bridage} + (Puissance_{max} - Puissance_{bridage}) * \frac{\text{débit}_{pompe}}{\text{débit}_{bridage}} \quad (477)$$

Sinon

$$P_{pompe} = Puissance_{max} \quad (478)$$

$$P_{aux} = P_{pompe} + P_{aux_regulation} \quad (479)$$

Enfin, les résultats du module sont les suivants :

$$P_{max} = P_{fou} \quad (480)$$

$$Q_{cons} = P_{aux} \quad (481)$$

$$Q_{fou} = P_{fou} \quad (482)$$

$$Q_{rest} = Q_{req_ecs} - P_{fou} \quad (483)$$

$$Taux_charge = 1 \quad (484)$$

$$R_{fonct_ecs} = Taux_charge \quad (485)$$

$$W_{aux,pro} = 0 \quad (486)$$

$$Q_{prelec} = 0 \quad (487)$$

$$Phi_{vc} = 0 \quad (488)$$

$$Q_{cef,ecs} = Q_{cons}$$

(489)

16.24 C_GEN_Récupération_de_chaleur_sur_installations_frigorifiques_RIDEL_Energy

16.24.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte du système dit « RidelX » de la société RIDEL Energy.

Le système RidelX désigne la gamme de récupérateurs de chaleur sur installations frigorifiques (RidelRef / RidelRec / RidelCub, liste non exhaustive) fabriquée et commercialisée par la société RIDELENERGY. Il assure la production de l'ECS et éventuellement du chauffage à partir de l'énergie de condensation récupérée sur une installation frigorifique destinée au maintien en température de chambres froides ou process de refroidissement des denrées. Ce système se compose des principaux éléments suivants :

- Un élément de stockage en eau technique intégrant des échangeurs immergés raccordés au refoulement des compresseurs de l'installation frigorifique.
- Une panoplie hydraulique composée d'un échangeur thermique (immergé ou non) couplé ou non à un circulateur assurant le transfert d'énergie depuis le ballon de stockage en eau technique vers le ballon de stockage en ECS.

Le pincement de l'échangeur thermique situé entre le système RidelX et l'élément de stockage ECS doit être inférieur ou égal à 3 K.

Un appoint est systématiquement associé au système et permet d'assurer, suivant la fonctionnalité retenue, le complément d'énergie nécessaire à la production de l'ECS et/ou du chauffage. Cet appoint peut être de type résistance électrique ou de type hydraulique.

16.24.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020.

16.24.3 NOMENCLATURE

Les tableaux ci-dessous donne la nomenclature des différentes variables du modèle. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

16.24.3.1. Assemblage « production stockage »

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Climat	$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C
	$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C
Générati	$Q_{req_ecs}(h)$	Demande en énergie en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh

$T_{ch_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe de chauffage connectés à la génération gen.	°C			
$Q_{req_ch}(h)$	Demande en énergie en chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh			
$id_{fonction}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS	Ent	1	3	
i_{ECS_seule}	Indicateur de production ECS seule.	Bool			

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Name	Nom du composant	-	-	-	
Index	Identifiant unique d'un composant	Ent	0	$+\infty$	

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$Q_{fou,ch}$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{fou,ecs}$					
Q_{cons}	Consommation horaire de l'assemblage en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{rest,ch}$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{rest,ecs}$					
$\{Q_{cef(fonct.,en.)}\}$	Consommation en énergie finale de l'assemblage, présentée sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}.	Wh	0	$+\infty$	
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance	Wh	0	$+\infty$	
$W_{aux_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	
$Q_{pr_elec}(h)$	Production électrique de l'assemblage	Wh	0	$+\infty$	0

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$idfougen$	Fonction du générateur compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement Identificateur du fluide aval	Ent	0	5	4
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : 1 : eau 2 : air	Ent	1	2	1

Idpriorite_ecs	Indice de priorité de l'assemblage pour la production d'ECS	Ent	1	$+\infty$	1
Idpriorite_ch	Indice de priorité de l'assemblage pour la production de chauffage	Ent	1	$+\infty$	1

Tableau 42 - Nomenclature du module « Assemblage production stockage »

16.24.3.2. Module « ballon stockage »

Entrées du composant						
Climat	Nom	Description	Unité			
	Qfou_sto_recup(h)	Énergie totale fournie au ballon par le système de récupération d'énergie	Wh			
	Tamb(h)	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C			
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	Fonct_Systeme	Fonctions assurées par le système : 0:ECS 1:Chauffage et ECS	Ent	0	1	
	Pech_ecs	Puissance nominale de l'échangeur raccordé au ballon ECS	kW	0	+ ∞	
	Vtot	Volume total du ballon	L	0	+ ∞	
	Statut_UA	Statut de la valeur UA du ballon de stockage 0 - Certifiée 1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 2 - Par défaut	Ent	0	2	-
	UA	Coefficient de pertes thermiques du ballon de stockage	W/K	0	+ ∞	-
	Pcircu_ecs	Puissance du circulateur situé entre le ballon de stockage en eau technique et l'échangeur	W	0	+ ∞	
Sorties						
	Nom	Description	Unité			
	Qw_sto_unit_report (h)	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon	Wh	0	+∞	
	Qrest,ch	Energie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	+∞	
	Qreq_sto_recup (h)	Energie requise à fournir au ballon de stockage par le système de récupération	Wh	0	+∞	
	Tz(h)	Champ de température dans le ballon de stockage au pas de temps courant	°C			
	Tz(i)	Champ de température dans le ballon de stockage lors de l'itération i	°C			
	Pe(h)	Pertes thermiques totales du ballon de stockage	Wh	0	+∞	
Variables internes						
	Nom	Description	Unité			

UA_{utile}	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	0	$+\infty$
Nb_{iter_vp}	Nombre maximum d'itérations de la boucle	Ent		
i	Numéro de l'itération en cours	Ent		
$Q_{w_sto_unit}(i)$	Besoin d'énergie requis en ECS en sortie du ballon lors de l'itération i	Wh	0	$+\infty$
$Q_{sto_fou_ecs}(h)$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer la production de l'ECS	Wh	0	$+\infty$
$Q_{sto_dispo_ch}(h)$	Energie disponible au niveau du ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	0	$+\infty$
$Q_{sto_fou_ch}(h)$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	0	$+\infty$
z	Numéro de la zone du ballon de stockage	Ent	1	4
V_z	Volume de chaque zone « z » du ballon de stockage	L	0	$+\infty$
V_{z_min}	Volume de la zone la plus petite du ballon de stockage	L	0	$+\infty$
$V_{p_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	L	0	V_{z_min}
$P_{ech_dispo_ecs}$	Puissance disponible au niveau de l'échangeur raccordé au ballon ECS	kW	0	$+\infty$
$Pe_z(h)$	Pertes thermiques de la zone « z » du ballon de stockage	Wh	0	$+\infty$
T_{cons_sto}	Température de consigne du ballon de stockage pour la zone $z = 1$	°C		60
ΔT_{ech}	Ecart de température nominal entre entrée et sortie de l'échangeur raccordé au réseau ECS	°C		
Variables internes				
Nom	Description	Unité		
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L		1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)		1,163

Tableau 43 - Nomenclature du module « ballon stockage »

16.24.3.3. Module « récupérateur d'énergie »

Entrées du composant

Nom	Description	Unité			
H_{leg}	Heure légale	H	0	23	
IMOIS	Numéro du mois	Ent	1	12	
$Q_{req_sto_recup}(h)$	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par le système de récupération d'énergie	Wh			
$Q_{rest,ch}$	Energie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	0	$+\infty$	
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$P_{cond_fr_pos}$	Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température positive raccordées au système de récupération d'énergie	kW	0	$+\infty$	
$P_{cond_fr_neg}$	Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température négative raccordées au système de récupération d'énergie	kW	0	$+\infty$	
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$Q_{fou_sto_recup}(h)$	Energie fournie au ballon de stockage par le système de récupération	Wh	0	$+\infty$	
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
$Mod_fr_pos(h)$	Coefficient de modulation horaire de la puissance de condensation disponible pour les chambres froides positives	-	0	1	
$Mod_fr_neg(h)$	Coefficient de modulation horaire de la puissance de condensation disponible pour les chambres froides négatives	-	0	1	
$Mod_fr_m(IMOIS)$	Coefficient de modulation mensuel de la puissance de condensation disponible	-	0	1	
$P_{cond_dispo}(h)$	Puissance de condensation disponible au récupérateur	W	0	$+\infty$	

Tableau 44 - Nomenclature du module « récupération d'énergie »

16.24.4 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

16.24.4.1. Module « Ballon stockage »

16.24.4.1.1. Volume Vz et Vz min

$$V1 = V2 = V3 = V4 = \frac{V_{tot}}{4} \quad (490)$$

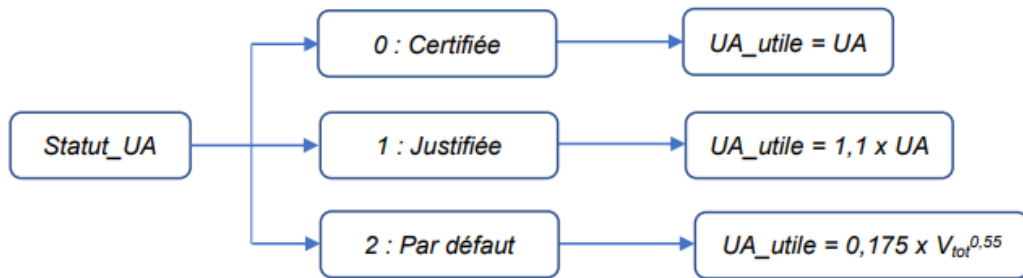
Le volume de la plus petite zone est alors :

$$V_{zmin} = \text{Min}[Vz] \quad (491)$$

16.24.4.1.2. Nombre d'itérations Nbiter pour le calcul de la boucle

$$Nb_{iter} = \text{Arrondi.inf} \left(\frac{V_{tot}}{V_{zmin}} \right) \quad (492)$$

16.24.4.1.3. Coefficients de pertes thermique Uz



Pour z allant de 1 à 4 :

$$Uz = UA_{utile} * \frac{Vz}{V_{tot}} \quad (493)$$

16.24.4.1.4. Température Tz

Au premier pas de temps, l'eau technique contenue au niveau du stockage est considérée aux températures suivantes :

Pour z = 1 à 4 :

$$T_z(h-1) = T_z(h) = T_{cons_sto} \quad (494)$$

16.24.4.1.5. Pertes thermiques Pez et Pe

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées par zone à partir des températures initialisées précédemment :

Pour $z=1$ à 4 :

$$P_{ez} = U_z * (T_z(h) - T_{amb}) \quad (495)$$

$$P_e = \sum_1^4 P_{ez} \quad (496)$$

16.24.4.2. Module « récupérateur d'énergie »

16.24.4.2.1. Modulation horaire de la puissance de condensation disponible

La puissance de condensation disponible au récupérateur est modulée suivant l'heure légale de la manière suivante :

H _{leg}	Coefficients de modulation	
	Mod_fr_pos_h	Mod_fr_neg_h
0	0,2	0,5
1	0,2	0,5
2	0,2	0,5
3	0,2	0,5
4	0,2	0,5
5	0,4	0,6
6	0,4	0,6
7	0,7	0,7
8	0,8	0,8
9	1	0,8
10	1	0,9
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	1
15	0,9	1
16	0,8	1
17	0,7	0,9
18	0,6	0,9

19	0,5	0,8
20	0,4	0,7
21	0,2	0,6
22	0,2	0,5
23	0,2	0,5

16.24.4.2.2. Modulation mensuelle de la puissance de condensation disponible

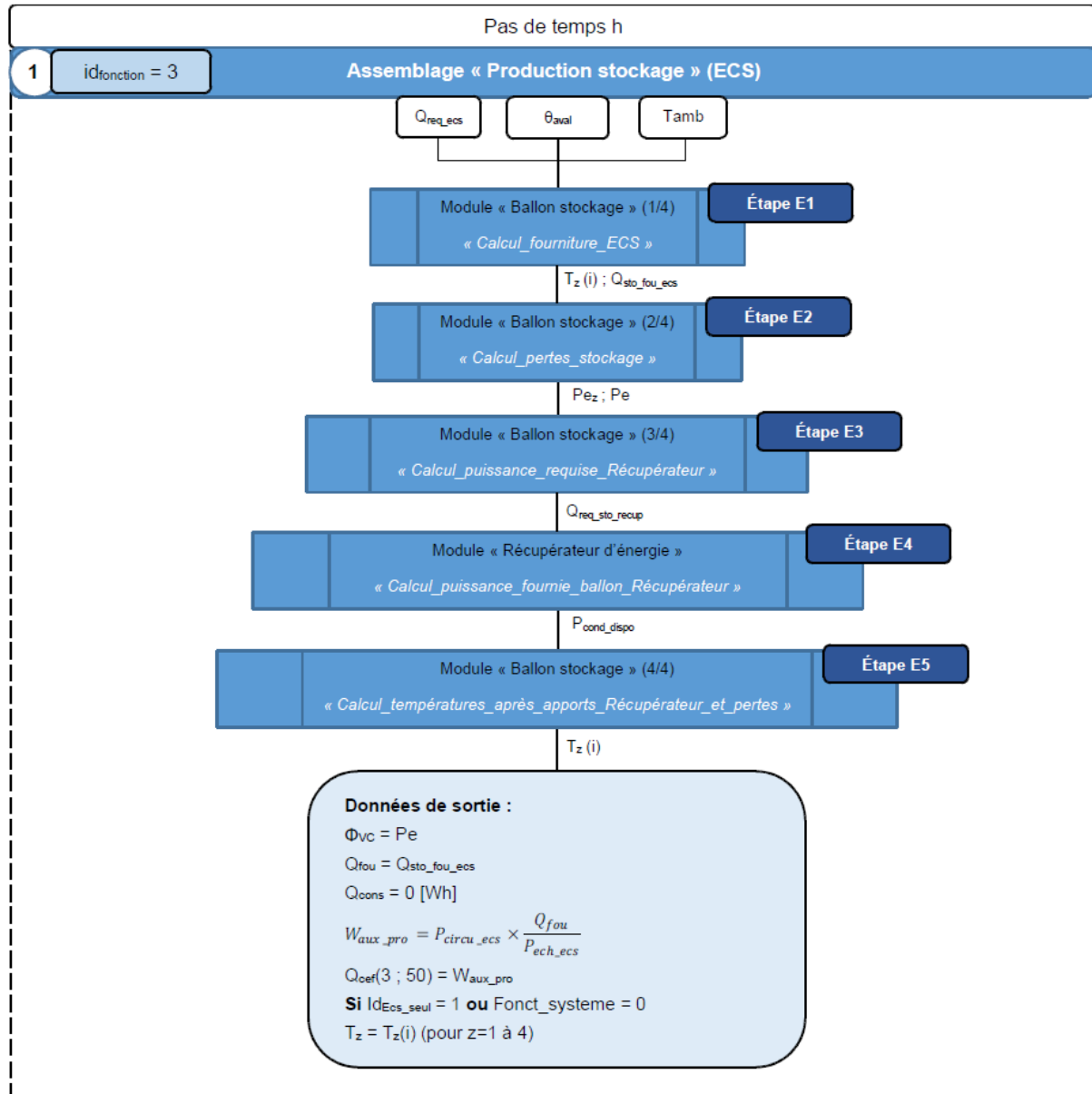
La puissance de condensation disponible au récupérateur est modulée suivant le mois de l'année de la manière suivante :

IMOIS	Mod_fr_m
Janvier	0,7
Février	0,7
Mars	0,7
Avril	0,8
Mai	0,9
Juin	1
Juillet	1
Août	1
Septembre	0,9
Octobre	0,8
Novembre	0,7
Décembre	0,7

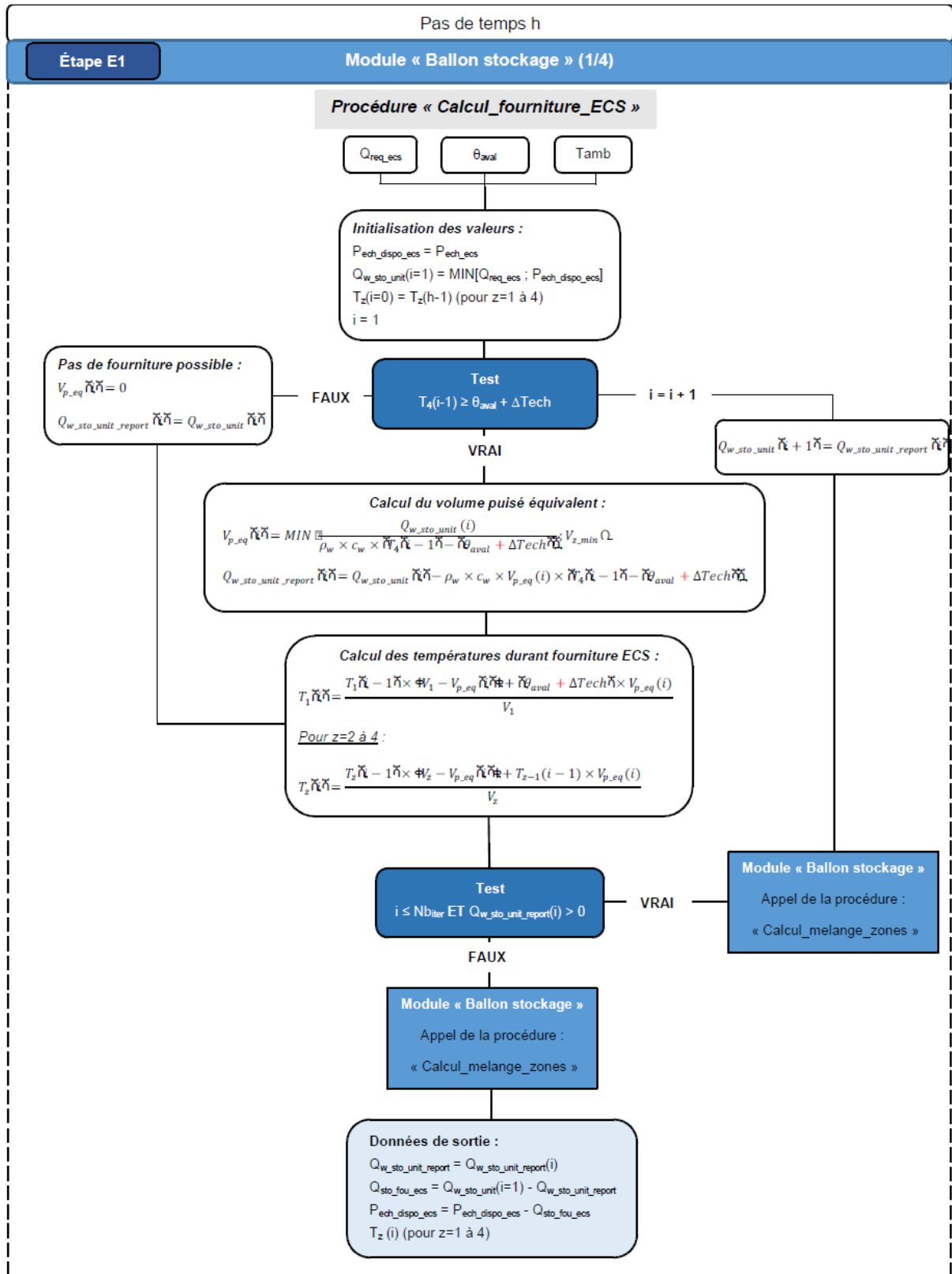
16.24.4.3. Algorithme horaire de prise en compte

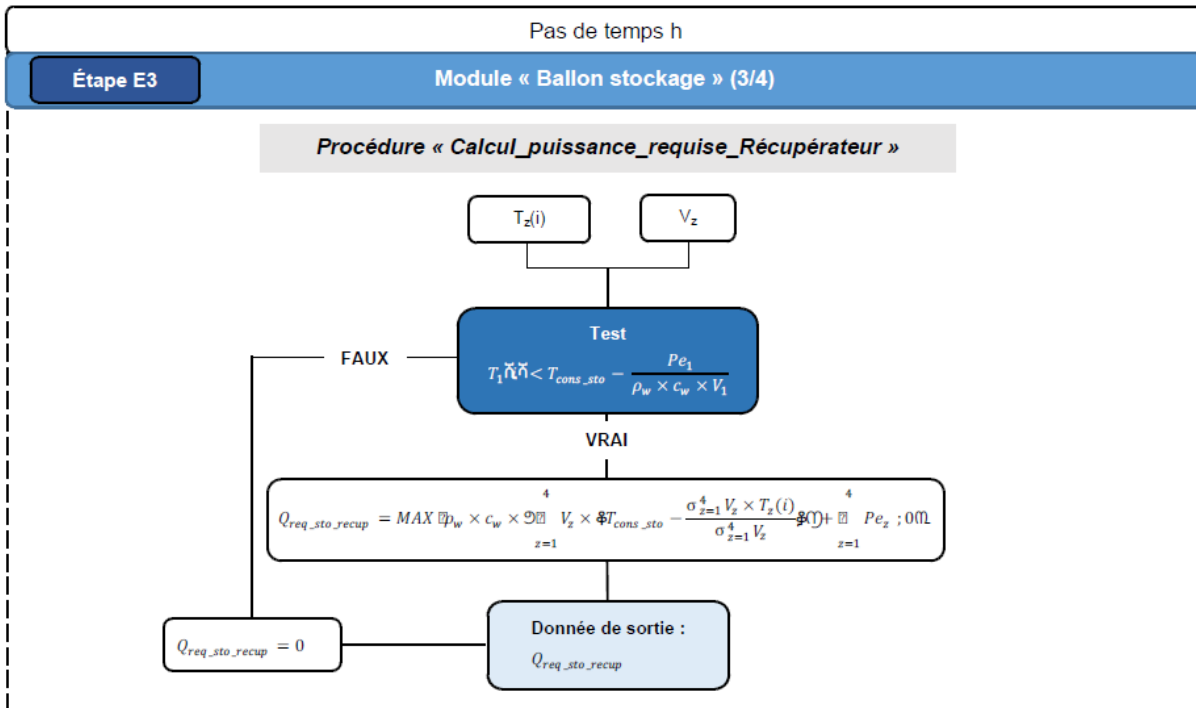
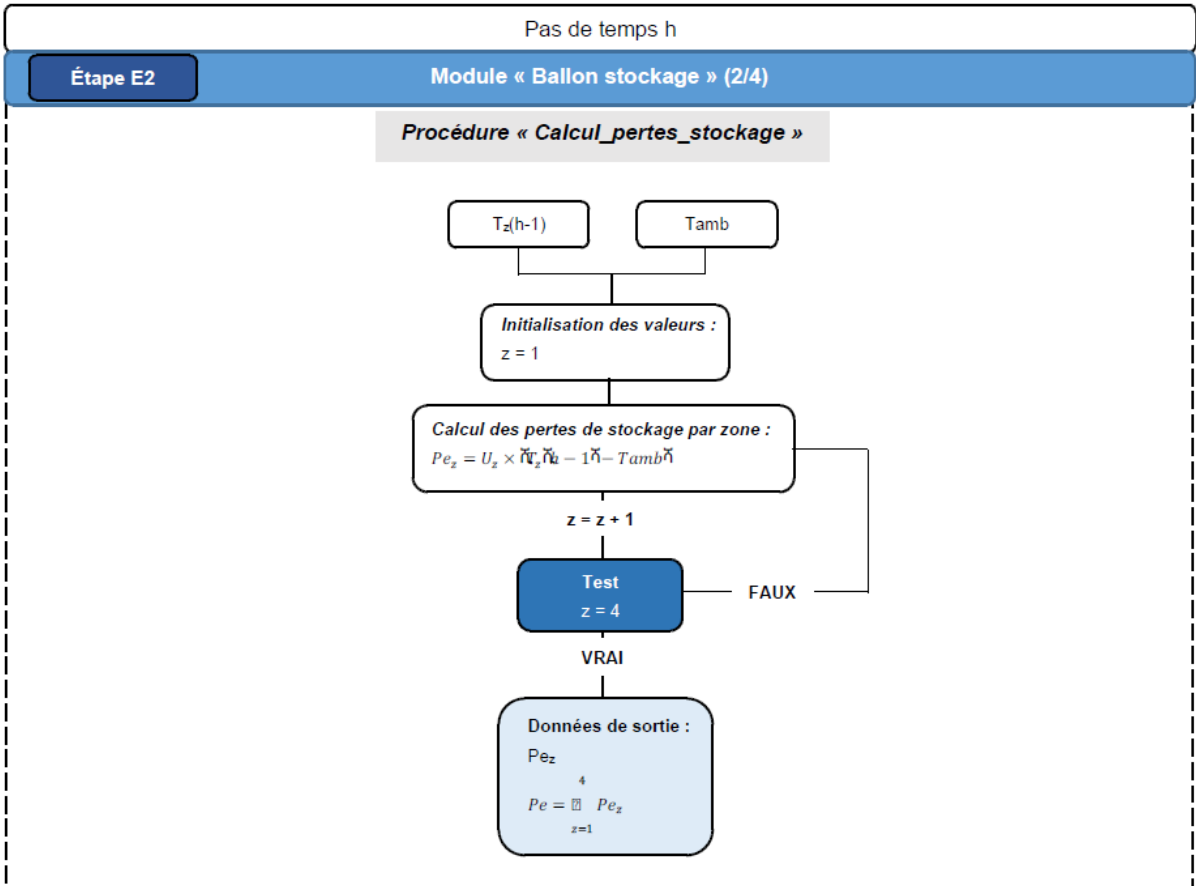
16.24.4.3.1. Fonctionnement en mode ECS

16.24.4.3.1.1. Assemblage « production stockage »



16.24.4.3.1.2. Module « ballon stockage »



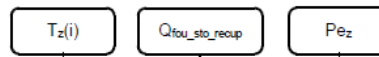


Pas de temps h

Étape E5

Module « Ballon stockage » (4/4)

Procédure « Calcul_températures_après_apports_Récupérateur_et_pertes »



Incrémenter de l'indice i :
 $i = i + 1$

Calcul des températures après apports et pertes :

$$T_1 \tilde{\alpha} \tilde{\alpha} = T_1 \tilde{\alpha} - 1 \tilde{\alpha} + \frac{Q_{fou_sto_recup} - Pe_1}{\rho_w \times c_w \times V_1}$$

Pour z=2 à 4 :

$$T_z \tilde{\alpha} \tilde{\alpha} = T_z \tilde{\alpha} - 1 \tilde{\alpha} - \frac{Pe_z}{\rho_w \times c_w \times V_z}$$

Module « Ballon stockage »

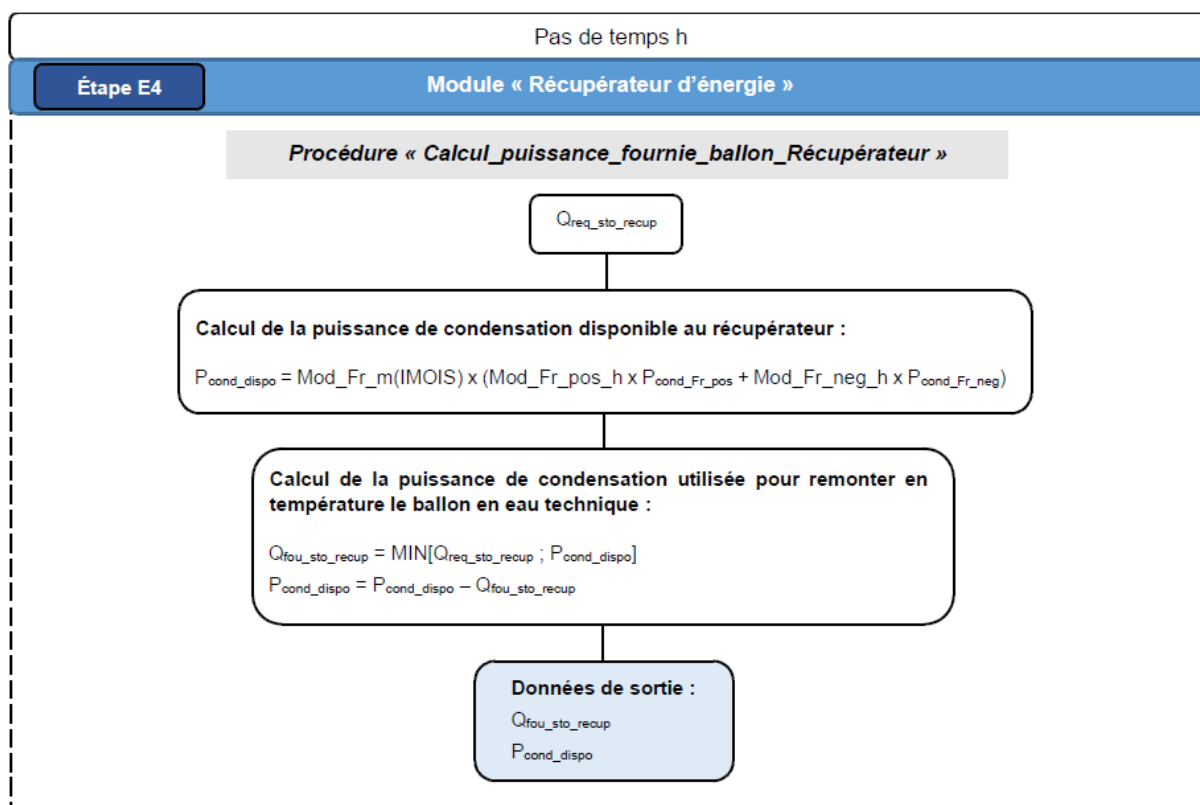
Appel de la procédure :

« Calcul_melange_zones »

Données de sortie :

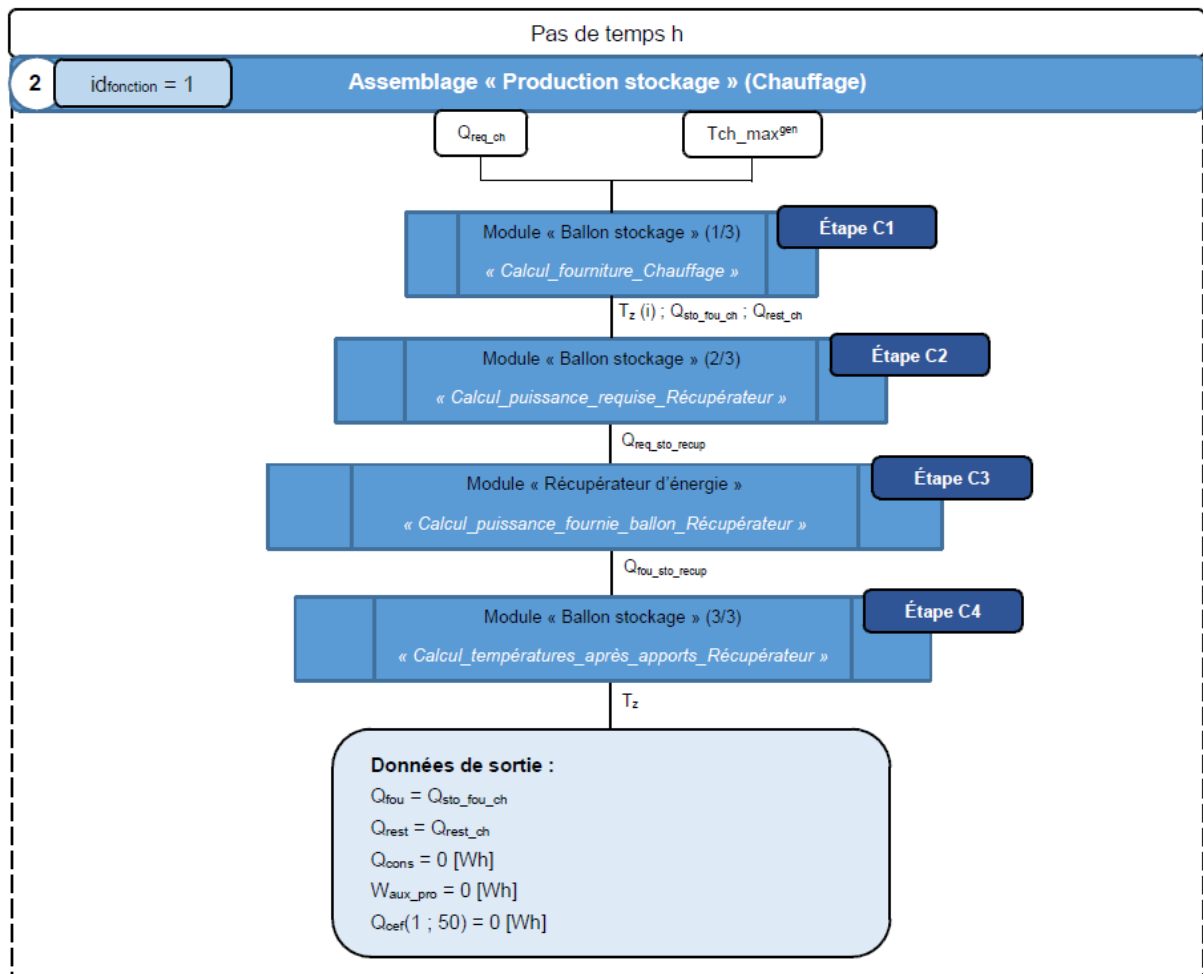
$T_z(i)$ (pour z=1 à 4)

16.24.4.3.1.3. Module « récupérateur d'énergie »

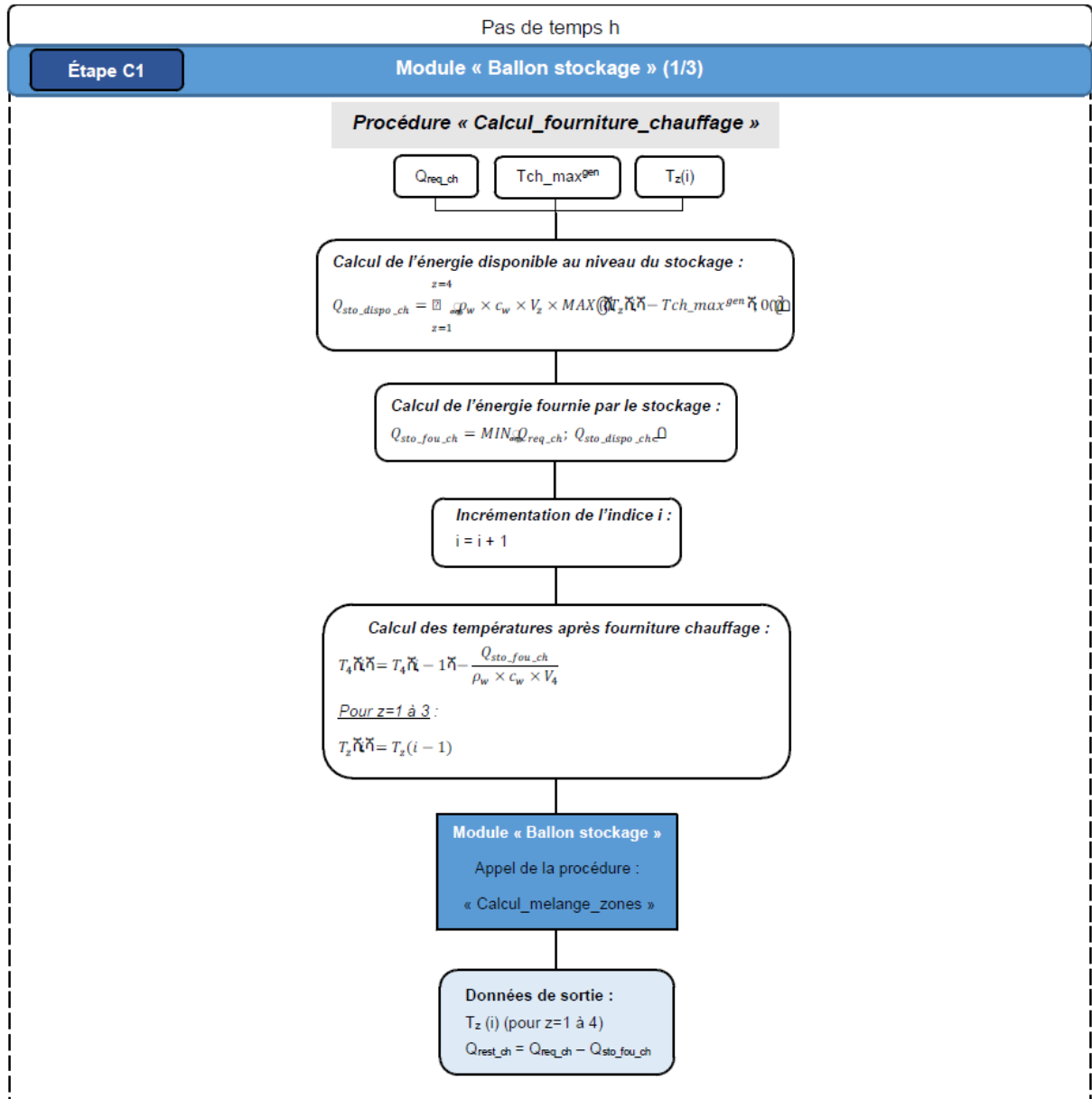


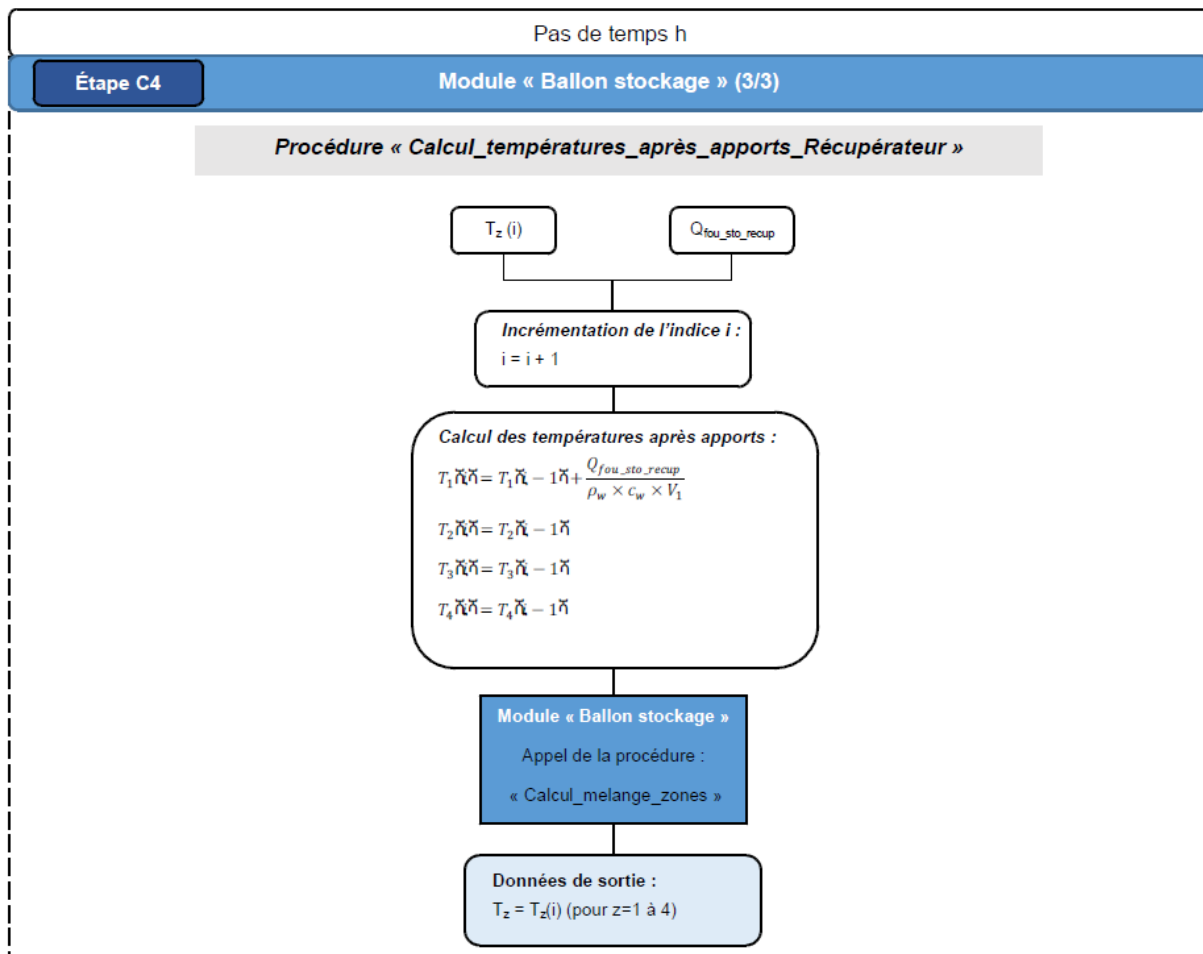
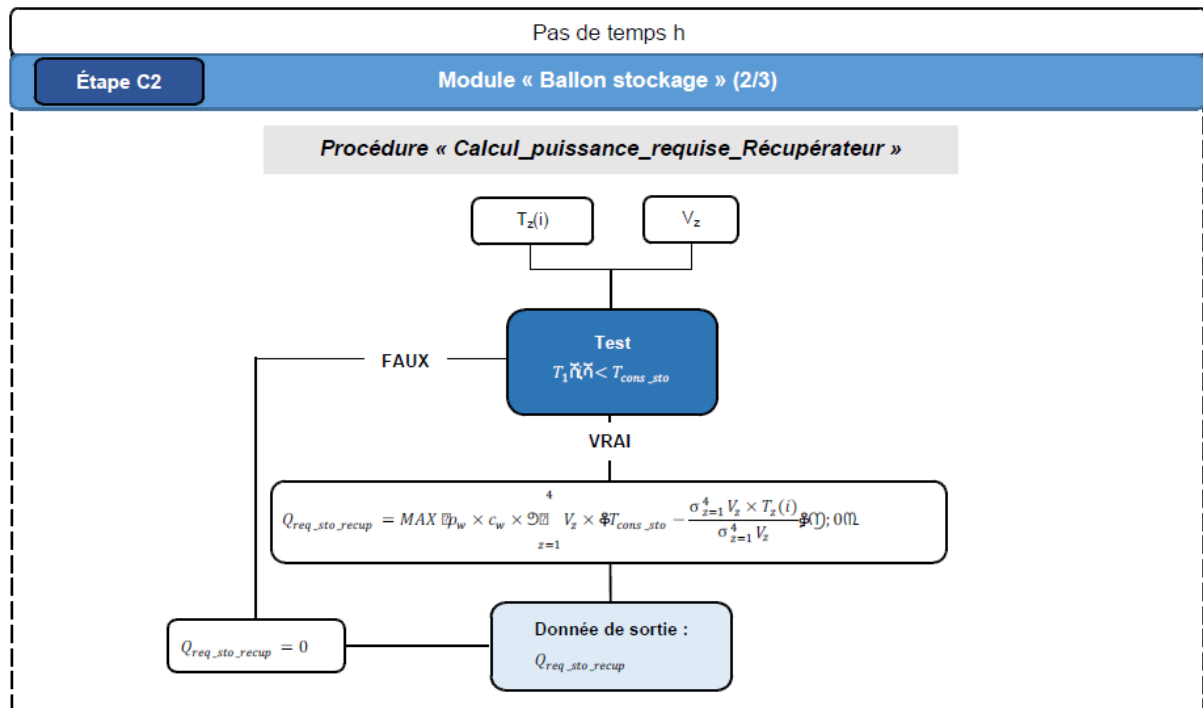
16.24.4.3.2. Fonctionnement en mode chauffage (si fonct_systeme = 1)

16.24.4.3.2.1. Assemblage « production stockage »



16.24.4.3.2.2. Module « ballon stockage »





16.24.4.3.2.3. Module « récupérateur d'énergie »

