

ANNEXE V

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

SOMMAIRE

16.	INTEGRATION DES TITRES V « SYSTEME » RT2012 EN RE2020	3
16.1	C_BAT_FENETRES PARIETODYNAMIQUES RIDORET	3
16.1.1	<i>Introduction</i>	3
16.1.2	<i>Champ d'application</i>	3
16.1.3	<i>Description de la prise en compte</i>	3
16.2	C_GEN_CONDUIT ECHANGEUR POUJOULAT SUR APPAREIL INDEPENDANT DE CHAUFFAGE A BOIS	10
16.2.1	<i>Introduction</i>	10
16.2.2	<i>Champ d'application</i>	12
16.2.3	<i>Description de la prise en compte</i>	12
16.3	C_GEN_PAC_TRIPLE SERVICE AIR-EAU/AIR T.ONE ALDES ET TRIPLE C HITACHI	22
16.3.1	<i>Introduction</i>	22
16.3.2	<i>Champ d'application</i>	22
16.3.3	<i>Description de la prise en compte</i>	22
16.4	FA_PAC_HYBRIDES ELECTRIQUES GAZ	23
16.4.1	<i>Introduction</i>	23
16.4.2	<i>Champ d'application</i>	23
16.4.3	<i>Description de la prise en compte</i>	24
16.4.4	<i>Exemple d'application</i>	27
16.5	C_GEN_THERMODYNAMIQUE_ELEC_PAC_CO2	30
16.5.1	<i>Introduction</i>	30

16.5.2	<i>Champ d'application</i>	31
16.5.3	<i>Nomenclature</i>	31
16.5.4	<i>Description mathématique</i>	37
16.6	<i>_GEN_THERMODYNAMIQUE_ELEC_DOUBLESERVICE_AIR_EXTRAIT_EAU_NIBE</i>	41
16.6.1	<i>Introduction</i>	41
16.6.2	<i>Domaine d'application</i>	41
16.6.3	<i>Nomenclature</i>	41
16.6.4	<i>Description mathématique</i>	48
16.7	<i>C_GEN_SOURCE_AMONT_NIBE</i>	67
16.7.1	<i>Introduction</i>	67
16.7.2	<i>Nomenclature</i>	67
16.7.3	<i>Description mathématique</i>	70
16.8	<i>C_DIST_DISTRIBUTION_INTERGROUPE_MIXTE_MTA</i>	73
16.8.1	<i>Introduction</i>	73
16.8.2	<i>Configuration n°1 : Les modules ECS et chauffage « direct »</i>	76
16.8.3	<i>Configuration n°2 : Modules ECS et chauffage indirect</i>	94
16.8.4	<i>Circuit primaire</i>	117
16.9	<i>C_DIST_DISTRIBUTION_INTERGROUPE_ECS_MTA</i>	121
16.9.1	<i>Introduction</i>	121
16.9.2	<i>Configuration n°1 : Les modules Eau chaude sanitaire seule</i>	122
16.9.3	<i>Circuit primaire</i>	134

16. INTEGRATION DES TITRES V « SYSTEME » RT2012 EN RE2020

On retrouve dans ce chapitre les Titres V « système agrgré en RT2012 et intégré à la méthode « Th-BCE 2020 » via la procédure lancée en août 2021.

16.1 C_BAT_Fenêtres parietodynamiques Ridoret

16.1.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des fenêtres parietodynamiques dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Au sens de la présente méthode, une fenêtre parietodynamique est un système qui permet à l'air extérieur d'entrer par des entrées d'air situées dans le haut de la menuiserie, de circuler dans deux lames d'air formées par un triple vitrage et de pénétrer dans le local par l'intermédiaire d'une bouche d'entrée d'air en partie haute de la menuiserie. Par ce système l'air circulant se réchauffe du fait de deux phénomènes : la récupération d'énergie sur la déperdition de la fenêtre et le rayonnement solaire absorbé.

16.1.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode s'applique à l'ensemble des bâtiments équipés de fenêtres parietodynamiques en position verticale (angle entre la paroi et le plan horizontal supérieur ou égal à 60°). Les fenêtres parietodynamiques sont de type triple vitrage.

Pour tous les types de bâtiment, le système de fenêtre parietodynamique doit être utilisé avec une ventilation de type VMC simple flux par extraction (y compris hygroréglable) ou avec une ventilation hybride.

16.1.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

La méthode de calcul consiste pour les déperditions à répercuter la récupération de chaleur par l'air sur le coefficient de transmission thermique U. Le nouveau coefficient de transmission thermique ainsi calculé est noté U'_{ap_vert} ou U'_{sp_vert} selon que la fenêtre est avec ou sans protection mobile.

L'impact sur les apports solaires sera quant à lui imputé sur le facteur solaire Sw d'une fenêtre classique par un supplément de facteur solaire ΔSw .

La méthode de calcul consiste d'abord à évaluer le débit circulant par vantail (ouvrant) parietodynamique $Q_{ouvrant}$ puis de calculer les coefficients ETA, ΔSw_2 et ΔSw_3 qui dépendent de $Q_{ouvrant}$.

On distingue deux valeurs de ETA, ΔSw_2 et ΔSw_3 obtenus avec ou sans protection mobile. On les nommera par la suite respectivement ETA_{ap} , ΔSw_{2ap} , ΔSw_{3ap} et ETA_{sp} , ΔSw_{2sp} , ΔSw_{3sp} .

16.1.3.1 Calcul du débit d'air par ouvrant $Q_{ouvrant}$

On calcule tout d'abord SMEA4Pa qui correspond au débit de l'ensemble des entrées d'air pariétodynamiques sous 4 Pa :

$$SMEA_{4Pa} = SMEA_{20Pa} * \left(\frac{4}{20}\right)^{0,5} \quad (1)$$

Avec : SMEA20Pa : Somme des modules d'entrée d'air à 20 Pa des ouvrants pariétodynamiques [m3/h].

Pour les vitrages dont la largeur est supérieure à 620 mm, le nombre et le type d'entrée d'air doit être adapté en fonction de la largeur du vitrage. Les deux lames d'air ayant la même largeur, les mortaises côté intérieur (sortie d'air) seront identiques aux mortaises côté extérieur (entrée d'air). Le Tableau ci-dessous indique le type de mortaise, soit 250x15 mm, soit 354x12 mm et leur nombre minimal nécessaires en fonction de la largeur du vitrage. Il est possible de remplacer une entrée d'air 250x15 mm par une entrée d'air 354x12 mm.

Largeur vitrage [mm]	Nombre de mortaises 250x15 mm	Largeur vitrage [mm]	Nombre de mortaises 354x12 mm
≤ 620	1	≤ 680	1
620 < L ≤ 1240	2	680 < L ≤ 720	-
1240 < L ≤ 1860	3	720 < L ≤ 1360	2
1860 < L ≤ 2480	4	1360 < L ≤ 2050	3
2480 < L ≤ 3100	5	2050 < L ≤ 2730	4
> 3100	1 supplémentaire tous les 600 mm	2730 < L ≤ 3410	5
		> 3410	1 supplémentaire tous les 670 mm

Tableau 1 - Nombre d'entrées d'air en fonction de la largeur du vitrage et du type d'entrée d'air

Ainsi, dans le cas d'un ouvrant pariétodynamique muni de plusieurs entrées d'air pour le calcul de SMEA_{20Pa} il faut prendre la somme des modules d'entrées d'air équipant l'ouvrant.

SMEA_{np4Pa} correspond au débit de l'ensemble des entrées d'air non pariétodynamiques sous 4 Pa :

$$SMEA_{np4Pa} = SMEA_{np20Pa} * \left(\frac{4}{20}\right)^{0,5} \quad (2)$$

Avec : $SMEA_{np20Pa}$: Somme des modules d'entrée d'air à 20 Pa non pariétodynamiques [m³/h].

Le débit total extrait Q_{extrait} pour le bâtiment étudié dépend de l'usage du bâtiment. On utilise les formules suivantes (VMC simple flux par extraction ou ventilation hybride) :

En résidentiel :

$$Q_{\text{extrait}} = C_d * C_{fr} * \left(\frac{11}{12} * Q_{\text{base}} + \frac{1}{12} * Q_{\text{pointe}} \right) \quad (3)$$

En tertiaire :

$$Q_{\text{extrait}} = C_d * C_{fr} * \left(\frac{1}{3} * Q_{v_occ} + \frac{2}{3} * Q_{v_inocc} \right) \quad (4)$$

Avec :

- C_d : Coefficient de dépassement (§ 6.2.3.3 méthode Th-BCE 2020, tableau 59) ;
- C_{fr} : Coefficient de fuite du réseau (§ 6.2.3.4 méthode Th-BCE 2020, tableau 60).

En résidentiel :

$$C_{fr} = 1 + \frac{3600 * K_{res} * A_{cond,rep} * dP^{0.667}}{C_d * \left(\frac{11}{12} * Q_{\text{base}} + \frac{1}{12} * Q_{\text{pointe}} \right)} \quad (5)$$

En tertiaire :

$$C_{fr} = 1 + \frac{3600 * K_{res} * A_{cond,rep} * dP^{0.667}}{C_d * \left(\frac{1}{3} * Q_{v_occ} + \frac{2}{3} * Q_{v_inocc} \right)} \quad (6)$$

Avec :

- Q_{base} : Débit de base spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,conv_base}}^{g,s}$) ;
- Q_{pointe} : Débit de pointe spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,conv_pointe}}^{g,s}$) ;
- Q_{v_occ} : Débit en en occupation spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,occ}}^{g,s}$) ;
- Q_{v_inocc} : Débit en en inoccupation spécifique conventionnel repris (§ 6.2 méthode Th-BCE 2020, tableau 56, aussi nommé $q_{\text{spec,rep,inocc}}^{g,s}$).

Le débit par les défauts d'étanchéité $Q_{\text{def_etanch}}$ [m³/h] se calcule comme suit :

$$Q_{\text{def_etanch}} = A_{Tbat} * Q_{4Pa_surf} \quad (7)$$

Suite à ces différents calculs, il est possible de calculer le débit par ouvrant pariétodynamique Q_{ouvrant} :

- Si le bâtiment est à usage « Logement collectif » et est équipé d'une ventilation hybride :

$$Q_{\text{ouvrant}} = 1,03 * \frac{Q_{\text{extrait}}}{N_{\text{vantaux}}} * \frac{SMEA_{4Pa}}{SMEA_{4Pa} + SMEA_{np4Pa} + Q_{\text{def_étanch}}} \quad (8)$$

- Sinon :

$$Q_{\text{ouvrant}} = \frac{Q_{\text{extrait}}}{N_{\text{vantaux}}} * \frac{SMEA_{4Pa}}{SMEA_{4Pa} + SMEA_{np4Pa} + Q_{\text{def_étanch}}} \quad (9)$$

Avec N_{vantaux} : Nombre de vantaux pariétodynamiques.

16.1.3.2. Calcul des coefficients ETA

La récupération de chaleur par renouvellement d'air est modélisée par un coefficient ETA qui correspond à une Efficacité de Transfert d'Air. Le coefficient ETA se calcule en fonction du type de baie et du débit d'air traversant un ouvrant pariétodynamique. Les trois types de baie pris en compte sont les suivants :

- Fenêtre à un vantail
- Fenêtre à deux vantaux
- Porte-fenêtre

Pour chaque type de baie, une équation linéaire ou polynomiale donne la valeur du coefficient ETA en fonction du débit d'air (Q_{ouvrant}). Pour les débits d'air de 0 à 5 m³/h, on le calcule selon la formule donnée dans le Tableau 2 et 3. Pour les débits supérieurs, on le calcul à partir de la formule suivante :

$$ETA_{\text{sp}} \text{ ou } ETA_{\text{ap}} = m_3 * Q_{\text{ouvrant}}^3 + m_2 * Q_{\text{ouvrant}}^2 + m_1 * Q_{\text{ouvrant}} + b \quad (10)$$

Les valeurs des coefficients polynomiaux m_3 , m_2 , m_1 et b pour le calcul de ETA_{sp} et ETA_{ap} sont définies dans les Tableaux 2 et 3 suivants :

		Fenêtre à un vantail	Fenêtre à deux vantaux						
Q_{ouvrant} [m ³ /h]	Protection	Coefficients ETA							
$0 \leq Q \leq 5$	sans	$(-0,136 \times Q) + 1$	$(-0,140 \times Q) + 1$						
	avec								
$5 < Q \leq 40$		Coefficients des polynômes pour ETA							
		m_3	m_2	m_1	b	m_3	m_2	m_1	b
	sans	1,33E-07	1,02E-04	-1,03E-02	3,40E-01	-5,41E-07	1,61E-04	-1,18E-02	3,50E-01
	avec	-2,34E-06	3,10E-04	-1,56E-02	3,63E-01	-2,94E-06	3,60E-04	-1,68E-02	3,66E-01

Tableau 2 - Coefficients des polynômes pour ETA

		Porte-fenêtre			
Q_{ouvrant} [m ³ /h]	Protection	Coefficients ETA			
$0 \leq Q \leq 5$	sans	$(-0,130 \times Q) + 1$			
	avec				
$5 < Q \leq 40$		Coefficients des polynômes pour ETA			
		m_3	m_2	m_1	b
	sans	3,50E-06	-1,80E-04	-4,05E-03	3,80E-01
	avec	9,04E-07	4,69E-05	-1,00E-02	4,00E-01

Tableau 3 - Coefficients des polynômes pour ETA

16.1.3.3. Calcul des coefficients ΔSw

Pour chaque type de baie, des équations polynomiales donnent la valeur des suppléments de facteur solaire ΔSw_2 et ΔSw_3 en fonction du débit d'air (Q_{ouvrant}). Pour les débits d'air de 0 à 5 m³/h, on le calcule selon la formule donnée dans le Tableau 4 et 5. Pour les débits supérieurs, on le calcul à partir de la formule suivante :

$$\Delta Sw_2 \text{ ou } \Delta Sw_3 = m_3 * Q_{\text{ouvrant}}^3 + m_2 * Q_{\text{ouvrant}}^2 + m_1 * Q_{\text{ouvrant}} + b \quad (11)$$

Les équations et les valeurs des coefficients polynomiaux m_3 , m_2 , m_1 et b sont définies dans le Tableau 4 et le Tableau 5.

			Fenêtre à un vantail				Fenêtre à deux vantaux				Porte-fenêtre			
Q _{ouvrant} [m ³ /h]	Sais on	Prot ectio n	Coefficients des polynômes pour ΔSw2											
			m ₃	m ₂	m ₁	b	m ₃	m ₂	m ₁	b	m ₃	m ₂	m ₁	b
0 ≤ Q ≤ 40	Hive r	San s	0	1,63E -05	- 2,24E -03	0	0	1,82E- 05	- 2,35E -03	0	0	4,21E -06	- 1,38E -03	0
	Eté		0	1,72E -05	- 2,45E -03	0	0	1,97E- 05	- 2,59E -03	0	0	4,38E -06	- 1,55E -03	0
	Hive r	Avec	2,73E -07	- 2,27E -05	4,93E -04	0	2,95E -07	- 2,41E- 05	5,10E -04	0	5,70E -08	- 8,52E -06	3,06E -04	0
	Eté													

Tableau 4 - Coefficients des polynômes pour ΔSw2

			Fenêtre à un vantail			Fenêtre à deux vantaux			Porte-fenêtre		
Q _{ouvrant} [m ³ /h]	Sais on	Prot ectio n	Coefficients ΔSw3								
			m ₂			m ₁			b		
0 ≤ Q ≤ 5	Hive r	San s	0,0178 x Q			0,0189 x Q			0,0143 x Q		
	Eté										
			Coefficients des polynômes pour ΔSw3								
			m ₂	m ₁	b	m ₂	m ₁	b	m ₂	m ₁	b
0 ≤ Q ≤ 40	Hive r	San s	-7,87E- 05	7,03E- 03	6,91E- 02	-8,05E- 05	7,15E- 03	7,53E- 02	-6,34E- 05	4,85E- 03	5,10E- 02
	Eté										
	Hive r	Avec	-1,07E- 05	1,39E- 03	0	-1,18E- 05	1,47E- 03	0	-1,16E- 05	1,23E- 03	0
	Eté										

Tableau 5 - Coefficients des polynômes pour ΔSw3

16.1.3.4. Calcul des coefficients de transmission thermique et des facteurs solaires équivalents

Le calcul réglementaire pour une fenêtre pariétodynamique est ensuite mené en utilisant les valeurs suivantes en données d'entrée :

$$U'_{ap_vert} = U_{ap_vert} - \frac{0,34 * Q_{ouvrant} * ETA_{ap}}{A_{pariéto}} \quad (12)$$

$$U'_{sp_vert} = U_{sp_vert} - \frac{0,34 * Q_{ouvrant} * ETA_{sp}}{A_{pariéto}} \quad (13)$$

Avec : $A_{pariéto}$: surface d'un vantail de la fenêtre (avec le dormant correspondant) [m²]. En général pour une fenêtre à deux vantaux, A_w étant la surface totale de la fenêtre : $A_{pariéto} = A_w / 2$.

Pour les composantes des facteurs solaires on a :

- $Sw1'_{ap} = Sw1_{ap}$
- $Sw1'_{sp} = Sw1_{sp}$
- $Sw2'_{ap} = Sw2_{ap} + \Delta Sw2_{ap}$
- $Sw2'_{sp} = Sw2_{sp} + \Delta Sw2_{sp}$
- $Sw3'_{ap} = Sw3_{ap} + \Delta Sw3_{ap}$
- $Sw3'_{sp} = Sw3_{sp} + \Delta Sw3_{sp}$
- $Tl'_{ap} = Tl_{ap}$
- $Tl'_{sp} = Tl_{sp}$

Pour les calculs en mode Th-D, il est nécessaire d'utiliser des facteurs solaires différents de ceux utilisés pour les calculs Th-B et Th-C. On prend en compte les coefficients $\Delta Sw2e_{sp}$, $\Delta Sw3e_{sp}$ pour effectuer les calculs des facteurs solaires été de la baie pariétodynamique :

- $Sw1e'_{sp} = Sw1_{sp}$
- $Sw2e'_{sp} = Sw2e_{sp} + \Delta Sw2e_{sp}$
- $Sw3e'_{sp} = Sw3e_{sp} + \Delta Sw3e_{sp}$

Remarques : tous les coefficients U, Tl et Sw ci-dessus sans la notation « prime » sont les caractéristiques de base de la fenêtre pariétodynamique, c'est-à-dire sans circulation d'air. Ces caractéristiques de base sont celles d'une fenêtre triple vitrage identique (même composition de vitrage et même menuiserie). Pour les facteurs solaires Sw et suppléments ΔSw la notation e signifie « été ».

16.2 C_GEN_Conduit échangeur Poujoulat sur appareil indépendant de chauffage à bois

16.2.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit la prise en compte des conduits échangeurs air-air dans le cadre de la méthode Th-BCE.

Le système, désigné « conduit échangeur » dans la suite de ce chapitre, est un composant statique de type échangeur de chaleur air-air intégré au conduit de fumée d'un appareil indépendant de chauffage au bois (granulés ou bûches).

Lorsque l'appareil indépendant de chauffage au bois fonctionne, le système conduit échangeur permet de réaliser un appoint de chauffage sur de l'air qui y circule et qui est ensuite distribué dans les différentes chambres de l'habitation. Ce système valorise ainsi une partie de la chaleur initialement perdue par les fumées de combustion. En association avec un groupe motorisé de distribution d'air, il permet d'homogénéiser les températures entre les différentes pièces de vie.

Le système conduit échangeur est un élément multi-paroi de conduit de fumée métallique en acier inoxydable à paroi intérieure lisse soudée en continu, qui s'intègre parfaitement à l'une des gammes de conduits de fumisterie suivantes : Inox-Galva (IG), Therminox (TI) ou Poêle à Granulés Inox (PGI).

La présente méthode s'applique uniquement aux conduits échangeurs Poujoulat utilisés pour réaliser les montages CONFORT+, ALLIANCE et SUNWOOD, aux caractéristiques décrites ci-après.

Le système conduit échangeur doit être utilisé en association avec un auxiliaire motorisé de distribution d'air. Cet auxiliaire motorisé doit obligatoirement être constitué d'un moteur à commutation électronique (moteur EC) dont la courbe de fonctionnement est de type à débit constant. La nature exacte de cet auxiliaire motorisé dépend ensuite du montage de distribution d'air chaud retenu :

- Montage CONFORT+ : auxiliaire motorisé R2E ;
- Montage ALLIANCE : auxiliaire motorisé correspondant au moteur de soufflage de la ventilation mécanique contrôlée à double flux (VMC-DF) retenue ;
- Montage SUNWOOD : auxiliaire motorisé Modul-R.

Ces 3 montages de distribution d'air chaud intègrent nécessairement un conduit échangeur. Les spécificités de chaque montage sont détaillées ci-après.

16.2.1.1. Montage 1 : CONFORT+

Lorsque le système conduit échangeur est associé à l'auxiliaire motorisé **R2E**, le montage porte la dénomination **CONFORT+** :

La VMC (ventilation mécanique contrôlée) simple ou double flux reste indépendante. De l'air ambiant est prélevé autour de l'appareil à bois lorsque son fonctionnement est détecté, puis il est réchauffé lors de son passage dans le conduit échangeur. Le transport de l'air chaud

depuis la pièce de vie principale jusque dans les chambres est réalisé à l'aide du caisson motorisé R2E avec un débit fixé à l'installation (moteur EC à courbe de type débit constant).

16.2.1.2. Montage 2 : ALLIANCE

Lorsque le système conduit échangeur est associé à l'auxiliaire motorisé de soufflage d'une ventilation mécanique contrôlée à double flux, nommée ensuite **VMC-DF**, le montage porte la dénomination **ALLIANCE** et intègre de manière systématique un appoint régulé Kit BOOSTY :

La VMC double flux retenue doit impérativement être équipée d'une motorisation dont la courbe de fonctionnement est de type débit constant. Le conduit échangeur est intégré à la branche du réseau de soufflage de la VMC-DF qui dessert les chambres et l'appoint régulé Kit BOOSTY y est intégré systématiquement. Lorsque l'appareil à bois fonctionne, un appoint d'énergie est alors réalisé sur la partie de l'air soufflé qui circule dans le conduit échangeur. Pour la seconde branche du réseau de soufflage de la VMC-DF, qui apporte l'air à destination du salon/séjour, l'équilibrage doit être réalisé au moyen d'un registre mécanique à volet, systématiquement fourni.

16.2.1.3. Montage 3 : SUNWOOD

Lorsque le système conduit échangeur est associé à un système de récupération d'air chaud sous panneaux solaires, le montage porte la dénomination **SUNWOOD** :

La VMC simple flux ou double-flux reste indépendante. Le conduit échangeur est intégré au réseau de soufflage d'air chaud à destination des chambres en aval de l'auxiliaire motorisé, équipé d'un moteur EC à courbe de type débit constant. Dans ce montage, il est donné priorité à la valorisation de l'énergie solaire. Selon la consigne de l'occupant et l'opportunité de récupérer de l'air chaud grâce au chauffage au bois ou aux panneaux solaires, les spécificités suivantes sont observées :

- En mode chauffage au bois, de l'air ambiant est prélevé par l'auxiliaire motorisé via une bouche située au-dessus de l'appareil indépendant de chauffage au bois en fonctionnement. Il est ensuite réchauffé lors de son passage dans le conduit échangeur, avant sa distribution dans chacune des chambres de l'habitation.
- En mode chauffage solaire, de l'air neuf extérieur est prélevé automatiquement en sous-face des panneaux solaires par l'auxiliaire motorisé dès qu'un potentiel suffisant est détecté. L'air est ensuite réparti dans chacune des pièces de vie de l'habitation, pièce principale et chambres, avec un minimum de 16 m³/h par pièce.

16.2.1.4. Appoint régulé Kit BOOSTY :

Pour les 3 montages précédents, il est possible de tenir compte en complément de la présence d'un appoint chauffant commandé sur le réseau de soufflage d'air. Cet appoint commandé de type résistance électrique, dont la puissance reste inférieure à 2 kW, est équipé par défaut de deux dispositifs indépendants de sécurité thermique et se positionne directement dans le réseau de soufflage à destination des chambres, exclusivement après le piquage de sortie d'air du conduit échangeur.

Dans ce cas, l'occupant bénéficie d'une solution pour commander, via un thermostat ambiant situé en zone nuit (dans une chambre ou en partie commune), un complément de chauffage sur l'air récupéré et soufflé par le système de distribution d'air chaud.

Cet appoint régulé Kit Boosty représente une émission complémentaire pouvant être liée à la base bois et dispose déjà des éléments permettant sa modélisation dans la méthode de calcul.

16.2.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de cette méthode se limite aux maisons individuelles, accolées ou non.

Il est nécessaire de disposer dans l'habitation d'un système de chauffage de type appareil indépendant de chauffage au bois, d'une puissance nominale comprise entre 3 et 12 kW.

Dans les cas de maisons avec combles perdus, les gaines du réseau sont toutes isolées. Les gaines permettant le raccord aux piquages latéraux du conduit échangeur sont de diamètre Ø125mm ou Ø160mm. Elles ont une isolation minimale de 25 mm d'épaisseur et présentent les caractéristiques suivantes :

- Classement au feu : M1 (gaine interne classée M0)
- Plage de température : -30°C / +140°C

Par défaut, ou sans connaissance de la classe d'étanchéité ni du ratio des gaines en volume chauffé, le réseau sera considéré comme classe D, E ou F (intitulé « autre – par défaut ») et le ratio des gaines en volume chauffé sera pris égal à zéro.

16.2.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

Le système conduit échangeur fonctionne en association avec un chauffage de type appareil indépendant de chauffage au bois. À ce titre, il faut tenir compte de la prise en compte des appareils indépendants de chauffage au bois dans les maisons individuelles ou accolées. Cette prise en compte fait l'objet du chapitre 8.2.4 de la présente méthode de calcul.

En complément, la méthode d'application décrite ici consiste à considérer le système conduit échangeur comme un « système d'émission complémentaire » dans la zone de chauffage mixte (couverte pour partie par l'appareil indépendant de chauffage à bois et pour partie par un autre système de chauffage dite « sous-partie B ») et le cas échéant dans la zone de chauffage de la partie située au-delà de la limite de 100 m², surface maximale couverte par l'appareil indépendant de chauffage à bois, avec affectation des ratios spatio-temporels associés. Cette nouvelle émission est à raccorder à un générateur fictif représentant le conduit échangeur.

Selon le montage choisi, la solution de distribution d'air chaud qui intègre le système permet de couvrir tout ou partie des besoins de chauffage d'une habitation, le reste de l'énergie nécessaire étant fournie par un ou plusieurs dispositifs complémentaires de chauffage. Ainsi, la prise en compte de ce Titre V et l'ordre de priorité des générateurs s'intègrent de la manière suivante :

Dans le cas des appareils indépendants de chauffage à bois dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure :

1 - Système de chauffage principal : appareil indépendant de chauffage au bois (lié aux « sous-parties A et B » définies dans la méthode de calcul Th-BCE)

2 - Systèmes complémentaires (liés à la « sous-partie B » définie dans la méthode de calcul Th-BCE):

2.1 - Générateur fictif : Conduit échangeur

2.2 - Générateur d'appoint

3 - Systèmes complémentaires (liés à la "partie située au-delà de la limite de 100m²") :

3.1 - Générateur fictif : Conduit échangeur (le cas échéant)

3.2 - Générateur d'appoint

Dans le cas des appareils indépendants de chauffage à bois qui ne sont pas dotés d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure :

1 - Système de chauffage principal : système doté d'un dispositif d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure

2 - Systèmes complémentaires :

2.1 - Appareil indépendant de chauffage au bois (lié aux « sous-parties A et B » définies dans la méthode de calcul Th-BCE)

2.2 - Générateur fictif : Conduit échangeur (lié à la « sous-partie B » définie dans la méthode de calcul Th-BCE)

2.3 - Générateur d'appoint (lié à la « sous-partie B » définie dans la méthode de calcul Th-BCE)

3 - Systèmes complémentaires (lié à la "partie située au-delà de la limite de 100m²") :

3.1 - Générateur fictif : Conduit échangeur (le cas échéant)

3.2 -- Générateur d'appoint

16.2.3.1. Méthodologie de description

Quel que soit le montage choisi (CONFORT+, ALLIANCE ou SUNWOOD), la méthodologie générale de prise en compte du système conduit échangeur est la suivante :

En complément du chauffage réalisé par l'appareil indépendant de chauffage au bois, le système doit être pris en compte suivant trois points :

Point 1 : Ajout d'une génération représentant le Conduit échangeur Poujoulat

- Type de générateur : 403 / Poêle à bois
- Service du générateur : Chauffage seul
- Puissance nominale : Pmoy_Ech [kW]
- Rendement : 100,0 %

Point 2 : Ajout d'une émission par air soufflé liée à la génération Conduit échangeur Poujoulat

- Part de surface du groupe assurée par cette émission : Rats_Ech [%]
- Part de besoins assurée par ce système d'émission : Ratt_Ech [%]
- Classe de variation spatiale : C
- Variation temporelle : « par défaut - sans arrêt possible par les occupants »
- Type de réseau : inexistant ou pertes nulles

Point 3 : Ajout d'une surconsommation électrique :

Quel que soit le montage choisi, la surconsommation électrique de l'auxiliaire motorisé de distribution d'air associé au conduit échangeur est considérée comme étant fixe et égale à **+10%**.

Montage 1 - CONFORT+ : **Majoration de +10% de Pelec_R2E_max [W]**

Montage 2 - ALLIANCE : **Majoration de +10% de la puissance électrique consommée par la VMC-DF, pour les débits de base et de pointe (uniquement au soufflage).**

Montage 3 - SUNWOOD : **Majoration de +10% de la puissance électrique consommée par l'auxiliaire de ventilation.**

16.2.3.2. Caractéristiques de la génération représentant le conduit échangeur

Le paramètre principal est la puissance disponible pour ce générateur. Elle est caractérisée par le paramètre **Pmoy_Ech [kW]** : Puissance moyenne récupérée dans le conduit échangeur.

Elle dépend de Tf_nom, la température moyenne des fumées pour le régime nominal de l'appareil indépendant de chauffage au bois. Cette valeur est disponible dans la déclaration de performance (DoP) de l'appareil à bois

Pmoy_Ech doit être déterminée en utilisant le couple de paramètres (a ; b) approprié selon la configuration étudiée, selon l'équation suivante :

$$P_{moy_Ech} = \frac{a * T_{f_nom} - b}{1000} \quad (14)$$

Le tableau ci-dessous donne les couples (a ; b) en fonction de la puissance nominale de l'appareil indépendant de chauffage au bois et en fonction du type de conduit échangeur Poujoulat considéré.

(a ; b)	Puissance nominale de l'appareil à bois		
	< 6 kW min 3 kW	6 à 8 kW	> 8 kW max 12 kW
Conduit échangeur TI	(2,363 ; 172,4)	(2,504 ; 162,5)	(2,617 ; 177,6)
Conduit échangeur IG	(2,154 ; 114,9)	(3,505 ; 347,3)	(3,615 ; 296,0)
Conduit échangeur PGI	(2,681 ; 181,6)	(2,924 ; 147,5)	(2,924 ; 128,7)

Tableau 6 : Paramètres (a ; b) pour la détermination de P_{moy_Ech}

Il convient de ne considérer qu'un groupe correspondant à la surface habitable du logement.

16.2.3.3. Caractéristiques de l'émission associée au conduit échangeur

On doit caractériser la part de surface couverte par l'émission (le ratio spatial Rat_s_Ech [%]), ainsi que la part des besoins couverts par l'émission (le ratio temporel Rat_t_Ech [%]).

Rat_s_Ech [%] : Part de la surface du groupe assurée par l'émission par air soufflée qui est liée au système

$$Rat_s_Ech = \frac{\sum SHab_Ch}{SHab_Tot} \quad (15)$$

Rat_t_Ech [%] : Part des besoins du groupe assuré par l'émission par air soufflée qui est liée au système

$$Rat_t_Ech = \frac{P_{moy_Ech}}{\sum P_{dep_Ch}} \quad (16)$$

Avec $\sum SHab_Ch$: Somme des surfaces habitables des chambres distribuées [m²]

$SHab_Tot$: Surface habitable totale de l'habitation [m²]

$\sum P_{dep_Ch}$: Somme des puissances des déperditions dans les chambres distribuées [kW]

16.2.3.4. Ajout de la surconsommation électrique

La consommation électrique est caractérisée par le paramètre $P_{elec_aux_Ech}$ [W]. On applique une surconsommation forfaitaire de 10%. Ainsi,

$P_{elec_aux_Ech}$ [W] : valeur obtenue en majorant de +10% la puissance max consommée par l'auxiliaire motorisé du montage retenu.

Par exemple, pour le montage CONFORT+ : $P_{elec_aux_Ech} = 1,10 * P_{elec_R2E_max}$.

Position du potentiomètre		2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Débit total d'air fourni [m ³ /h] (*)		70 m ³ /h	95 m ³ /h	120 m ³ /h	140 m ³ /h	160 m ³ /h
Pelec_R2E_max [W] (**)		5 W	10 W	15 W	20 W	≤ 30 W
Nombre maxi de bouches d'air chaud	40 m ³ /h max par bouche	2	3	3	4	4
	60 m ³ /h max par bouche	2	2	2	3	3

Tableau 7 : Puissance max du moteur R2E en fonction du débit d'air fourni et du nombre de bouches distribuées

(*) Le groupe motorisé est équipé d'un moteur EC basse consommation à débit constant. Après réglage du potentiomètre, le débit attendu sera délivré, quelles que soient les pertes de charge du réseau et le nombre de bouches distribuées. Toutefois, pour de meilleures performances thermiques et acoustiques, il est recommandé de se limiter à 4 bouches de soufflage d'air chaud et à une distance de 10 m entre le moteur et la bouche la plus éloignée.

(**) En tenant compte d'une perte de charge totale moyenne de 150 Pa dans le réseau de distribution.

16.2.3.5. Récapitulatif des ratios spatiaux et temporels à appliquer

Afin d'avoir une vision globale des ratios spatiaux et temporels qui vont s'appliquer lors de la saisie, à la fois pour les appareils indépendants de chauffage à bois (selon qu'ils sont régulés ou non), et pour le conduit échangeur (avec l'éventuel émetteur complémentaire kit BOOSTY pris en compte ici en tant qu'appoint électrique sans lien avec l'émetteur principal), on retrouve ci-dessous les tableaux qui précisent les ratios spatiaux et temporels à appliquer pour différentes configurations.

Les différentes zones correspondent à :

- Zone A : zone jour conformément au chapitre 8.2.4 de la présente méthode de calcul
- Zone B : zone nuit conformément au chapitre 8.2.4 de la présente méthode de calcul
- Zone C : zone correspondant à la partie au-delà de 100m² (non couverte par l'appareil indépendant de chauffage à bois)
- Zone D : zone spécifique correspondant à la salle de bains

16.2.3.5.1. Récapitulatif des ratios spatiaux et temporels à appliquer dans le cas où l'appareil indépendant de chauffage au bois est régulé

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur	Émetteur complémentaire au-delà de 100 m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en salle de bains (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Partie jour zone A (S _A)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie au-delà de 100m ² zone C (S _C)	en SDB (S _D)
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	1,0	0,5	Rat_Ech	1,0	1,0

Tableau 8 - Configuration avec conduit échangeur – Sans couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur (zone B)	Émetteur complémentaire de type kit BOOSTY sans lien avec l'émetteur principal (zone B)	Émetteur complémentaire au-delà de 100 m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en salle de bains (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Partie jour zone A (S _A)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie au-delà de 100m ² zone C (S _C)	en SDB (S _D)
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	1,0	0,5	Rat_Ech	0,5 Rat_Ech –	1,0	1,0

Tableau 9 - Configuration avec conduit échangeur – Sans couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur – Avec émetteur complémentaire centralisé de type kit BOOSTY pris en compte sans lien avec l'émetteur principal

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur (zones B et C)		Émetteur complémentaire en partie nuit et au-delà de 100 m ² (zones B et C)		Émetteur complémentaire en salle de bains (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Partie jour zone A (S _A)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone C (S _C)	Partie nuit zone B (S _B)	Partie nuit zone C (S _C)	en SDB (S _D)
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	1,0	0,5	Rat_Ech _h	Rat_Ech _h	0,5 - Rat_Ech	1 - Rat_Ech	1,0

Tableau 10 - Configuration avec conduit échangeur – Avec couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

16.2.3.5.2. Récapitulatif des ratios spatiaux et temporels à appliquer dans le cas où l'appareil indépendant de chauffage au bois est non régulé

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Conduit échangeur en partie nuit (zone B)	Système principal de chauffage (zones A et B)		Émetteur complémentaire au-delà de 100m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en SDB (zone D)
	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B		Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B		
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surface S _B de la partie B	Surface S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surface S _C de la partie C	Surface S _D de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	0,5	0,25	Rat_Ech	0,5	0,75 – Rat_Ech	1,0	1,0

Tableau 11 - Configuration avec conduit échangeur – Sans couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

	Émetteur appareil indépendant de chauffage à bois		Système principal de chauffage (zones A et B)		Émetteur complémentaire en partie nuit – Conduit échangeur (zones B et C)		Émetteur complémentaire au-delà de 100m ² (zone C)	Émetteur complémentaire en SDB (zone D)
Surface réelle desservie par l'émetteur	Surfa ce S _A de la partie A	Surfa ce S _B de la partie B	Surfa ce S _A de la partie A	Surface S _B de la partie B	Surfa ce S _B de la partie B	Surfa ce S _C de la partie C	Surface S _C de la partie C	Surface S _D de la SDB
Ratio spatial de surface desservie Rat _s	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_A}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_B}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_C}{Shab}$	$\frac{S_D}{Shab}$
Ratio temporel de part des besoins couverte Rat _t	0,5	0,25	0,5	0,75 – Rat_Ec h	Rat_E ch	Rat_E ch	1,0 Rat_Ech	1,0

Tableau 12 - Configuration avec conduit échangeur – Avec couverture de la partie complémentaire au-delà de 100m² par le conduit échangeur

16.3 C_GEN_PAC_Triple service air-eau/air T.One Aldes et Triple C Hitachi

16.3.1 INTRODUCTION

Les systèmes T.One AquaAir et Triple C d'HITACHI sont des systèmes de type pompes à chaleur qui permettent d'assurer les fonctions chauffage, production d'eau chaude sanitaire et refroidissement via le vecteur air (en option) de type air extérieur / air intérieur recyclé et air extérieur / eau.

Le système est composé d'une unité extérieure séparée (split) incluant un compresseur, un détendeur, un échangeur à air et un ventilateur. Il est muni :

- d'unités intérieures de chauffage / refroidissement incluant un échangeur à air et un ventilateur de recyclage ;
- d'un module de préparation ECS incluant un ballon de stockage, un condenseur dédié et une résistance électrique d'appoint ;
- d'une liaison frigorifique entre l'unité extérieure et les modules de chauffage/refroidissement et d'ECS ;
- d'une régulation électronique pilotant l'ensemble.

Le système puise les calories dans l'air extérieur (source amont), et son compresseur est à vitesse variable (technologie « INVERTER »).

16.3.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente méthode est applicable au secteur résidentiel (maison individuelle et logement collectif), quelle que soit la zone climatique ou l'altitude. Le système ne peut être utilisé que pour un seul groupe.

16.3.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

Ces systèmes, qui faisaient l'objet d'un Titre V dans le cadre de l'application de la réglementation thermique 2012 sont maintenant pris en compte dans la méthode Th-BCE 2020.

Ils sont pris en compte selon la méthode décrite au chapitre 8.23 de la méthode Th-BCE (annexe III de l'arrêté du 04 août 2021).

Plus spécifiquement, il s'agit d'une prise en compte sous la forme d'un générateur thermodynamique à compression électrique triple service pour lequel le paramètre Sys_Thermo_ts prend la valeur :

$$\text{Sys_thermo_ts} = 5 \quad (17)$$

16.4 FA_PAC_hybrides electriques gaz

16.4.1 INTRODUCTION

Ce chapitre précise la saisie des systèmes de production de chauffage et d'ECS hybrides dans Th-B-C-E 2020 : générateur associant une Pompe à Chaleur (PAC) à compression électrique et une chaudière gaz.

Une PAC hybride est l'assemblage d'une PAC à compression électrique, d'une chaudière gaz à condensation, d'un dispositif de régulation permettant un fonctionnement optimisé des deux générateurs, et – dans le cas d'une production d'eau chaude sanitaire (ECS) accumulée – d'un ballon de stockage ECS. Ces générateurs sont mixtes au sens de Th-B-C-E, c'est-à-dire qu'ils fournissent tous les deux à la fois de la chaleur pour l'ECS et pour le chauffage. Certains modèles peuvent également faire du refroidissement.

16.4.2 CHAMP D'APPLICATION

Le champ d'application de cette méthode se limite aux maisons individuelles ou accolées soumises aux exigences de la RE2020. Elle s'applique aux générateurs hybrides réversibles ou non composés :

- d'une chaudière à condensation à combustible liquide ou gazeux d'une puissance nominale inférieure à 70 kW;
- d'une pompe à chaleur électrique air extérieur/eau d'une puissance nominale utile inférieure ou égale à 5 kW ; d'un système de régulation permettant une commutation entre les deux générateurs en fonction de leurs performances en énergie primaire.
- dans le cas où la pompe à chaleur participe à la production accumulée d'eau chaude sanitaire, d'un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire qui doit avoir un volume inférieur ou égale à 500 litres.

Ces générateurs hybrides sont associés à des radiateurs à eau et/ou à des planchers chauffants/rafraichissants sur vecteur eau et/ou des plafonds chauffants/rafraichissants sur vecteur eau et/ou des ventilo-convecteurs.

Le générateur hybride dispose d'un système permettant une commutation entre les deux générateurs en fonction de leurs performances en énergie primaire. La régulation en énergie primaire est définie comme un système assurant :

- La mise en marche/arrêt de la pompe à chaleur à compression électrique et/ou de la chaudière indépendamment ;
- La mesure ou l'estimation du coefficient de performance de la pompe à chaleur et du rendement de la chaudière ;
- Le fonctionnement du générateur le plus performant en énergie primaire sur un pas de temps horaire ou inférieur. La régulation n'empêche pas le fonctionnement simultané des générateurs si cela est nécessaire pour assurer le confort en chauffage ou en ECS.

Le champ d'application prend en compte la présence ou l'absence de système de dégivrage de l'échangeur sur l'air extérieur.

16.4.3 DESCRIPTION DE LA PRISE EN COMPTE

16.4.3.1. La modélisation du système

Les composants d'une PAC hybride sont déjà modélisés dans le moteur Th-B-C-E. Il existe trois configurations pour la production d'eau chaude sanitaire avec les générateurs hybrides :

1. La production instantanée : la chaudière assure de manière instantanée l'ensemble de la production d'eau chaude sanitaire. La demande d'eau chaude sanitaire est prioritaire sur les besoins de chauffage. Le fonctionnement est identique à celui d'une chaudière à condensation seule. Dans ce cas, la modélisation se fera conformément aux règles TH-B-C-E ;
2. La production accumulée par la chaudière seule : le fonctionnement est identique à celui d'une chaudière à condensation seule associée à un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire. La pompe à chaleur électrique n'intervient pas dans la production d'eau chaude sanitaire. Dans le moteur de calcul Th-B-C-E, cette PAC hybride est modélisée au sein d'un objet « génération », elle est constituée :
 - D'un générateur thermodynamique (objet « source_ballon_base_thermodynamique_elec » C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec) ;
 - D'une chaudière (objet « générateur à combustion, C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois).
3. La production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière : la pompe à chaleur assure un préchauffage de l'eau du ballon de stockage, le complément d'énergie pour arriver à la température de consigne est apporté par la chaudière. Dans le moteur de calcul Th-B-C-E, la PAC hybride est modélisée au sein d'un objet « génération », elle est constituée :
 - D'un ballon de stockage (objet « production_stockage », S2_GEN_Assemblage constitué d'un ou plusieurs ballons et d'un ou plusieurs générateurs) ;
 - D'un générateur thermodynamique (objet « source_ballon_base_thermodynamique_elec » C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec_DoubleService) ;
 - D'une chaudière (objet « générateur à combustion, C_GEN_Chaudières_gaz_fioul_bois).

16.4.3.2. La régulation du mode Chauffage

Ce paragraphe est utilisé pour les productions de type « Production instantanée », « Production accumulée par la chaudière seule » et « Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière ».

La régulation sur énergie primaire de l'usage chauffage est modélisée par l'utilisation des températures limites de fonctionnement de la pompe à chaleur (notamment la température minimale de la source amont *Theta_min_am_Ch*). En cas de dépassement des limites de fonctionnement, la méthode de calcul Th-B-C-E impose l'arrêt de la pompe à chaleur. Les besoins sont alors reportés sur la chaudière à condensation.

Les paramètres de modélisation de la pompe à chaleur à compression électrique prennent les valeurs suivantes :

- *Lim_Theta* caractérise l'arrêt de la machine dû aux limites des températures des sources en ECS
Prend la valeur « 2 – Arrêt sur la limite de l'une ou l'autre température de source » ;
- *Theta_Max_Av* est la température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut plus fonctionner en ECS.
Prend la valeur « 100°C » ;
- *Theta_Min_Am* est la température d'arrêt minimal amont correspondant aux caractéristiques du produit hybride obtenue selon les formules suivantes :

Si la PAC dégivre $Theta_{min_am} = MAX(-5,75 * COP_{pivot} + 0,1 * \theta_{dep_dim_ch} + 17,75; -5)$

Sinon $Theta_{min_am} = MAX(-5,75 * COP_{pivot} + 0,1 * \theta_{dep_dim_ch} + 17,75; 3)$

Avec : $\theta_{dep_dim_ch}$ = Température de départ de dimensionnement du chauffage

COP_{pivot} = Coefficient de Performance (COP) pivot de la PAC.

16.4.3.3. La régulation du mode ECS

Ce paragraphe est utilisé pour les productions de type « Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière ».

La régulation en énergie primaire des PAC hybrides en mode ECS sera modélisée par un paramétrage adapté des matrices de performances des PAC en mode ECS.

L'objectif est en effet :

1. D'accéder à l'intégralité (i.e. pour toutes les températures amont/aval) des points de fonctionnement des matrices de performance et des puissances absorbées de la PAC électrique pour l'ECS ;
2. À partir des valeurs pivots, de les remplir avec les Cnn par défaut de la méthode Th-B-C-E (chapitre 8.23.3.4.1 pour les PAC air/eau) ;
3. Puis d'annuler les puissances absorbées des points de la matrice pour lesquels le COP est inférieur à un COP de bascule.

La valeur de $COP_{bascule}$ est prise égale au ratio entre les facteurs d'énergie primaire de l'électricité et du gaz, soit 2,3 dans la méthode Th-B-C-E.

Les performances de la production d'ECS thermodynamique et le statut de ces données peuvent être caractérisées de la façon suivante :

- Selon la norme NF EN 16147 : août 2017 et en utilisant l'outil IdCET développé par le CSTB ;
- A partir du 1er octobre 2022 : selon la norme EN 13203-5 qui traite de l'ECS hybride et en utilisant l'outil IdPACHybride développé par le CSTB ;
- Dans une période transitoire, jusqu'au 1er octobre 2022, selon une approche « par composant » : prise en compte selon la norme EN 14511 d'un essai à [point pivot de la matrice de la méthode Th-B-C-E, en fonction de la source amont]/45 et d'un essai avec la même température amont et à la température aval la plus haute de la matrice,

inférieure ou égale à la température limite de fonctionnement de la PAC. Le coefficient UAs est calculé en utilisant la norme NF EN 15332.

16.4.3.3.1. Etape 1 : accès à l'intégralité des deux matrices de fonctionnement de l'ECS ($\{P_{abs}(i,j)\}_{ecs}$ et $\{Performance(i,j)\}_{ecs}$)

Pour cela, le paramétrage de la PAC air/eau en mode ECS est le suivant :

		Valeur des paramètres pour la PAC hybride
$M_{\theta_Aval_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{av,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{av,i}$ 3 : etc...	7 -> 45°C, 35°C, 25°C, 55°C, 15°C, 65°C, 5°C
$M_{\theta_Amont_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{amont,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{amont,j}$ 3 : etc...	5 -> 7°C, 2°C, 20°C, -7°C, 35°C

16.4.3.3.2. Etape 2 : remplissage des deux matrices de fonctionnement de l'ECS ($\{P_{abs}(i,j)\}_{ecs}$ et $\{Performance(i,j)\}_{ecs}$)

Une fois tous les points de la matrice accessibles, on les remplit en utilisant la même méthode que Th-B-C-E.

Pour les valeurs pivot certifiées ou justifiées :

Pour $i \in M_{\theta_Aval_Ecs}$

Pour $j \in M_{\theta_Amont_Ecs}$

Calcul de $\{Performance(i,j)\}_{ecs}$ conformément au chapitre 8.23.3.4.1 de Th-B-C-E

Calcul de $\{P_{abs}(i,j)\}_{ecs}$ conformément au chapitre 8.23.3.4.1 de Th-B-C-E

Le statut certifié/justifié de la valeur pivot est conservé :

		Valeur des paramètres pour la PAC hybride
$\{COR(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Même valeur que pour le point pivot (i,j)}ecs

Pour les valeurs pivot déclarées ou par défaut :

Dans le cas où les valeurs pivot ne sont pas issues d'essais, elles sont :

- déclarées : la valeur de $COP_{pivot_déclaré}$ utilisée dans le calcul est égale à $\min(0.8 * \text{Valeur déclarée} ; Val_util_max)$;
- ou par défaut : la valeur de $COP_{pivot_pardefaut}$ utilisée dans le calcul est égale à $(0.8 * Val_util_max)$.

Avec Val_util_max définie par type de machine dans Th-B-C-E 2020. Les puissances absorbées sont connues, a minima pour le point pivot. Le remplissage des matrices se fait conformément à la méthode Th-B-C-E.

Par ailleurs, le coefficient de pénalisation est déjà appliqué au COP_{pivot} . Pour ne pas être pénalisé une seconde fois la matrice de statut est la même que celle des performances certifiées à savoir $\{COR(i,j)\}_{ecs=1}$.

16.4.3.3. Etape 3 : mise à zéro des points de fonctionnement de la PAC lorsque le COP est inférieur à un COP de bascule.

Enfin, on met à 0.001 les valeurs de puissance absorbée éliminées par une régulation en COP de bascule (la valeur est légèrement supérieure à 0 pour ne pas générer d'our du moteur de calcul).

Pour $i \in M_{\theta_Aval_Ecs}$

Pour $j \in M_{\theta_Amont_Ecs}$

Si $\{Performance(i,j)\}_{ecs} < COP_{bascule}$

$\{Pabs(i,j)\}_{ecs} = 0.001$

16.4.3.4. *Autres paramètres*

Les autres paramètres sont fournis par les industriels, ils sont spécifiques à la modélisation de chacun des produits.

16.4.4 EXEMPLE D'APPLICATION

Soit une PAC hybride de type « Production accumulée avec préchauffage par la pompe à chaleur et complément par la chaudière ». Elle est modélisée par l'assemblage d'une PAC air/eau double service à compression électrique d'un ballon de stockage, et d'une chaudière gaz. Pour la partie thermodynamique électrique, le COP pivot ECS est de 3.0, la puissance absorbée pivot ECS est de 0.8 kW et les valeurs sont certifiées. Pour la partie générateur à combustion, le rendement nominal est de 98% pour une puissance de 24 kW.

16.4.4.1. *La modélisation dans Th-B-C-E*

Dans l'objet « génération » de Th-B-C-E, on retrouve une *Production_Stockage* contenant les deux générateurs : une *Source_ballon_base_thermodynamique_Elec_DoubleService* relié à une *Source_Amont* et une *Source_ballon_appoint_Combustion*.

16.4.4.2. Calculs préalables des paramètres liés à la régulation :

En utilisant les coefficients C_{nn} par défaut de la méthode Th-B-C-E 2020 (chapitre 8.23.3.4.1), les matrices ECS de COP et de puissance absorbée sont les suivantes :

Matrice de COP complète						Matrice de Pabs complète					
Tav/Tam	-7	2	7	20	35	Tav/Tam	-7	2	7	20	35
5	2,7	4,32	5,4	6,75	8,1	5	0,963	1,064	1,12	1,266	1,434
15	2,4	3,84	4,8	6	7,2	15	0,894	0,988	1,04	1,175	1,331
25	2,1	3,36	4,2	5,25	6,3	25	0,826	0,912	0,96	1,085	1,229
35	1,8	2,88	3,6	4,5	5,4	35	0,757	0,836	0,88	0,994	1,126
45	1,5	2,4	3	3,75	4,5	45	0,688	0,76	0,8	0,904	1,024
55	1,2	1,92	2,4	3	3,6	55	0,619	0,684	0,72	0,814	0,922
65	0,9	1,44	1,8	2,25	2,7	65	0,55	0,608	0,64	0,723	0,819

Tableau 13 : matrices de COP et de Pabs complétées selon la méthode Th-B-C-E

Pour modéliser la régulation en énergie primaire, la matrice de COP est inchangée. La matrice de Pabs est post-traitée, les points de fonctionnement avec des COP inférieurs au COP de bascule (i.e. 2.3) sont mis à une valeur proche de 0.

Matrice de COP complète						Matrice de Pabs complète adaptée					
Tav/Tam	-7	2	7	20	35	Tav/Tam	-7	2	7	20	35
5	2,7	4,32	5,4	6,75	8,1	5	0,963	1,064	1,12	1,266	1,434
15	2,4	3,84	4,8	6	7,2	15	0,894	0,988	1,04	1,175	1,331
25	2,1	3,36	4,2	5,25	6,3	25	0,001	0,912	0,96	1,085	1,229
35	1,8	2,88	3,6	4,5	5,4	35	0,001	0,836	0,88	0,994	1,126
45	1,5	2,4	3	3,75	4,5	45	0,001	0,76	0,8	0,904	1,024
55	1,2	1,92	2,4	3	3,6	55	0,001	0,001	0,72	0,814	0,922
65	0,9	1,44	1,8	2,25	2,7	65	0,001	0,001	0,001	0,001	0,819

Tableau 14 : matrices de COP et de Pabs complètes, reproduisant la régulation en énergie primaire

16.4.4.3. Le paramétrage de la PAC hybride (partie thermodynamique ECS) :

Dans l'objet « *Source_ballon_base_thermodynamique_Elec_DoubleService* », les paramètres de la PAC hybride à modifier sont les suivants :

		Valeur des paramètres pour la PAC hybride																																																						
$M_{\theta_Aval_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{av,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{av,i}$ 3 : etc...	7 -> 45°C, 35°C, 25°C, 55°C, 15°C, 65°C, 5°C																																																						
$M_{\theta_Amont_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{amont,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{amont,j}$ 3 : etc...	5 -> 7°C, 2°C, 20°C, -7°C, 35°C																																																						
$\{COR(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Même valeur que pour le point pivot (i,j)}ecs																																																						
$\{Performance(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des coefficients COP selon les températures amont et aval en mode ECS (avant prétraitement)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Matrice de COP</th> </tr> <tr> <th>Tamont/Taval</th> <th>-7</th> <th>2</th> <th>7</th> <th>20</th> <th>35</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>2,7</td> <td>4,32</td> <td>5,4</td> <td>6,75</td> <td>8,1</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>2,4</td> <td>3,84</td> <td>4,8</td> <td>6</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>2,1</td> <td>3,36</td> <td>4,2</td> <td>5,25</td> <td>6,3</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>1,8</td> <td>2,88</td> <td>3,6</td> <td>4,5</td> <td>5,4</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>1,5</td> <td>2,4</td> <td>3</td> <td>3,75</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>1,2</td> <td>1,92</td> <td>2,4</td> <td>3</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>65</td> <td>0,9</td> <td>1,44</td> <td>1,8</td> <td>2,25</td> <td>2,7</td> </tr> </tbody> </table>	Matrice de COP						Tamont/Taval	-7	2	7	20	35	5	2,7	4,32	5,4	6,75	8,1	15	2,4	3,84	4,8	6	7,2	25	2,1	3,36	4,2	5,25	6,3	35	1,8	2,88	3,6	4,5	5,4	45	1,5	2,4	3	3,75	4,5	55	1,2	1,92	2,4	3	3,6	65	0,9	1,44	1,8	2,25	2,7
Matrice de COP																																																								
Tamont/Taval	-7	2	7	20	35																																																			
5	2,7	4,32	5,4	6,75	8,1																																																			
15	2,4	3,84	4,8	6	7,2																																																			
25	2,1	3,36	4,2	5,25	6,3																																																			
35	1,8	2,88	3,6	4,5	5,4																																																			
45	1,5	2,4	3	3,75	4,5																																																			
55	1,2	1,92	2,4	3	3,6																																																			
65	0,9	1,44	1,8	2,25	2,7																																																			
$\{Pabs(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode ECS	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Matrice de Pabs</th> </tr> <tr> <th>Tamont/Taval</th> <th>-7</th> <th>2</th> <th>7</th> <th>20</th> <th>35</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>0,963</td> <td>1,064</td> <td>1,12</td> <td>1,266</td> <td>1,434</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0,894</td> <td>0,988</td> <td>1,04</td> <td>1,175</td> <td>1,331</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,001</td> <td>0,912</td> <td>0,96</td> <td>1,085</td> <td>1,229</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>0,001</td> <td>0,836</td> <td>0,88</td> <td>0,994</td> <td>1,126</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>0,001</td> <td>0,76</td> <td>0,8</td> <td>0,904</td> <td>1,024</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>0,72</td> <td>0,814</td> <td>0,922</td> </tr> <tr> <td>65</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>0,819</td> </tr> </tbody> </table>	Matrice de Pabs						Tamont/Taval	-7	2	7	20	35	5	0,963	1,064	1,12	1,266	1,434	15	0,894	0,988	1,04	1,175	1,331	25	0,001	0,912	0,96	1,085	1,229	35	0,001	0,836	0,88	0,994	1,126	45	0,001	0,76	0,8	0,904	1,024	55	0,001	0,001	0,72	0,814	0,922	65	0,001	0,001	0,001	0,001	0,819
Matrice de Pabs																																																								
Tamont/Taval	-7	2	7	20	35																																																			
5	0,963	1,064	1,12	1,266	1,434																																																			
15	0,894	0,988	1,04	1,175	1,331																																																			
25	0,001	0,912	0,96	1,085	1,229																																																			
35	0,001	0,836	0,88	0,994	1,126																																																			
45	0,001	0,76	0,8	0,904	1,024																																																			
55	0,001	0,001	0,72	0,814	0,922																																																			
65	0,001	0,001	0,001	0,001	0,819																																																			

16.5 C_GEN_THERMODYNAMIQUE_Elec_PAC_CO2

16.5.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente la modélisation des pompes à chaleur air extérieur/eau à compression électrique utilisant le CO₂ (R744) comme fluide frigorigène. Le système est désigné par le terme « PAC CO₂ ».

Le système assure uniquement la production d'Eau Chaude Sanitaire.

Le système se compose d'au moins une pompe à chaleur associée à un élément de stockage dont le volume total est supérieur ou égal à 400L. Dans le cas où plusieurs pompes à chaleur identiques sont installées, celles-ci sont raccordées en parallèle.

Toutes les données de performance saisies doivent être établies pour une température d'eau chaude sanitaire en sortie du système supérieure ou égale à 55°C.

Un assemblage technologique et une gestion de son fonctionnement, permettant de garantir en entrée de l'échangeur du système une eau à la température du réseau de ville, doit être mis en œuvre.

La PAC ayant recours au CO₂ repose sur un cycle transcritique du fluide frigorigène et permet de travailler avec de grandes différences de température au niveau du refroidisseur de gaz tout en assurant de bonnes performances énergétiques :

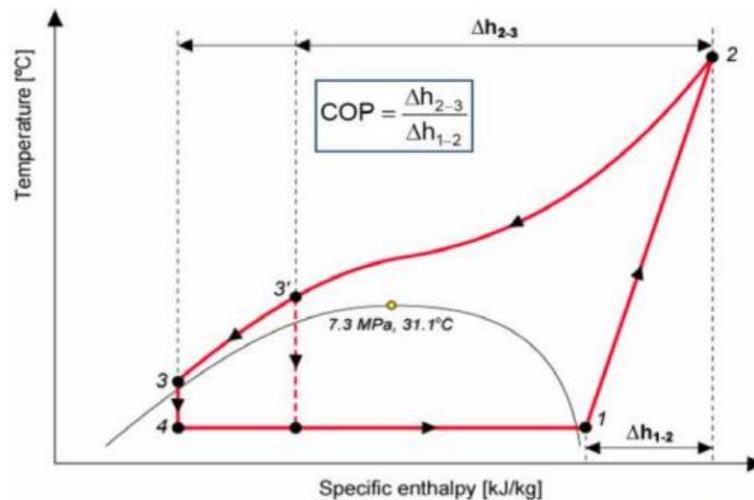


Figure 3.1 Principle illustration of the transcritical CO₂ heat pump cycle in T-h diagram. 1-2: Compression, 2-3: Heat rejection in a gas cooler, 3-4: Expansion/throttling, 4-1: Evaporation.

Figure 1 : Cycle transcritique du CO₂ (source : IEA HPP Annex 32 Workshop, Kyoto, Dec 2007)

Le CO₂ possède une température critique extrêmement basse (31,1 °C) et une pression critique élevée (73 bars) par rapport aux autres fluides frigorigènes obligeant ainsi à l'utiliser en cycle transcritique, donc à des températures et des pressions bien supérieures à la normale de l'ordre de 80 à 120 bars en haute pression et de 20 à 30 bars en basse pression.

Le CO₂ est donc en phase gazeuse supercritique (point 2) lorsqu'il entre dans le refroidisseur de gaz (correspondant au condenseur dans un cycle « conventionnel »). Le refroidissement est assuré jusqu'au point 3 avant l'entrée dans le détendeur. Ce refroidissement permet de travailler avec une grande différence de température sur le fluide caloporteur, contrairement à un fluide frigorigène dans un cycle à température de condensation constante.

Le reste du cycle transcritique est identique à celui d'un cycle subcritique conventionnel :

- Détente : point 3 à 4
- Évaporation : point 4 à 1
- Compression : point 1 à 2

Cette particularité est donc utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire à des températures au-delà de 55°C à partir d'eau froide à 10°C environ.

La garantie d'une eau à la température du réseau de ville en entrée du refroidisseur de gaz peut être assurée par différentes solutions. Pour exemple, une réserve d'eau froide dans la partie basse de l'élément de stockage peut être maintenue en permanence grâce à une sonde de température qui coupe le fonctionnement du système lorsque la température mesurée atteint la consigne de chauffe.

16.5.2 CHAMP D'APPLICATION

Le Titre V s'applique à tout type de bâtiments soumis à la réglementation environnementale 2020.

Le système doit être dimensionné de manière à couvrir l'ensemble des besoins d'ECS, sans nécessité d'un recours à un appoint.

Dans le cas où une résistance électrique est installée au niveau du ou des ballons de stockage, celle-ci ne fonctionne qu'en « secours » et est commandée par le système qui assure son enclenchement uniquement en cas de mise en défaut du fonctionnement thermodynamique.

16.5.3 NOMENCLATURE

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle de la PAC CO₂. Dans toute la suite du document, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant			
Nom	Description	Unité	
$h_{leg}(h)$	Heure légale au pas de temps h (0 à 24h).	h	
Général	$\theta_{amont}(h)$	Température de la source amont	°C
	$\theta_{eau}(h)$	Température d'alimentation en eau froide	°C

$Q_{req,ecs}(h)$	Demande en énergie pour calculé au niveau de la génération.	W
$R_{puis_dispo}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure).	Réel
$i_{ECS_seule}(h)$	Indicateur de production ECS seule.	Bool
$P_{fou_source_amont_maxi}(h)$	Puissance maximale qui peut être fournie compte tenu du COP _{pc} (ou de l'EER _{pc}) et des caractéristiques de l'air extrait	W

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>ECS seule (en base de production-stockage)</i>	-			
Sys_thermo_Ecs	Technologie en mode ECS <i>1 : PAC air extérieur / eau</i>	Ent	1	6	1
$M_{\theta_Aval_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : <i>1 : $\theta_{av,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{av,i}$ 3 : etc...</i>	Ent	1	7	Selon type de générateur thermodynamique
$M_{\theta_Amont_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : <i>1 : $\theta_{amont,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{amont,j}$ 3 : etc...</i>	Ent	1	7	
Statut_données_PC_ECS	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS : <i>1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en mode ECS					
$\{COR(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en mode ECS : <i>1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.</i>	{Ent}	1	2	

$\{Performance(i,j)\}_{ECS}$	Matrice des coefficients COP selon les températures amont et aval en mode ECS (avant prétraitement)	{-}	0	+¥	
$\{P_{abs}(i,j)\}_{ECS}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en mode ECS	{kW}	0	+¥	

Saisie des performances déclarées ou par défaut en mode ECS

Statut_val_pivot_ecs	Statut de la valeur COP _{pivot_ecs} : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
Val_COP_ecs	Valeur de COP pivot déclarée en mode ECS (avant prétraitement)	-	0	+¥	-
Val_Pabs_ecs	Valeur de puissance absorbée pivot déclarée en mode ECS	kW	0	+¥	-

Limites de fonctionnement de la machine selon le mode

Lim_θ_ecs	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré : 0 = pas de limite	Ent	0	0	0
θmax_av_ecs	Température maximale aval au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode ECS	°C	-50	10 0	100
θmin_am_ecs	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode ECS	°C	-50	10 0	-

Fonctionnement à charge partielle en ECS (ECS seule)

Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 0 : par défaut 1 : déclarée	Ent	0	1	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
Statut_fonct_continu	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« contmin »): 2 : par défaut 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
CcpLRcontmin	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin}	Réel	0	2	

$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D_{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D_{fou0}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	
Puissance d'auxiliaires de la machine					
Statut_Taux	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : <i>0 : par défaut</i> <i>1 : déclarée</i>	Ent	0	1	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
Prétraitement: composition des matrices de performance					
$\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_k)\}_{ecs}$	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			
$\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_n)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul de Pabs à la température amont θ_j en fonction de Pabs à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			
$\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_k)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP à la température aval θ_i en fonction du COP à la température aval θ_k , à une température amont donnée.	Réel			
$\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$	Coefficients permettant le calcul du COP à la température amont θ_j en fonction du COP à la température amont θ_n , à une température aval donnée	Réel			

Voir selon technologie

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur	Wh
$Q_{rest,ecs}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh
$\{Q_{cef_ecs(id_engen)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de vecteur de 6 valeurs. L'indice	Wh

	id_engen correspond aux différents types d'énergie.				
$\eta_{eff,ecs}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$T_{charge,ecs}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$\Phi_{rejet,ecs}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh			
$Q_{fou}(h)$	Quantité d'énergie totale fournie par le générateur, tous modes confondus	Wh			
$Q_{cons}(h)$	Quantité d'énergie totale consommée par le générateur en énergie finale, tous modes confondus	Wh			
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh			
$COP_{pc}(h)$	COP utile à pleine charge pour le mode considéré (communiqués à C_Gen_Source_Amont).	Wh			
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel			
Id _{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 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>3 : ECS seule</i>	Ent	1	6	3

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{ecs}$	Liste des températures aval principales de la générateur en fonction du mode.	°C
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{ecs}$	Liste des températures amont principales de la en fonction du mode.	°C

N_{av_ecs}	Nombre de températures aval principales	Ent	1
N_{am_ecs}	Nombre de températures amont principales pour chaque mode	Ent	1
$\{COP_{util}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}	
LR(h)	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-	
LR _{cycl} (h)	Taux de charge calculé par rapport à LR _{contmin} , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-	
COP _{LR} (h)	COP utile et à charge réelle pour le mode considéré	-	
COP _{pc_net} (h)	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu	-	
COP _{LRcontminnet} (h)	et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-	
COP _{LR_net} (h)			
P _{fou_pc} (h)	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu	W	
P _{fou_LRcontmint} (h)	et à charge réelle		
P _{fou_LR} (h)			
P _{abs_pc} (h)	Puissance absorbée par une machine à pleine charge	W	
P _{abs_LR} (h)	et à charge réelle		
P _{comp_PC} (h)	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu	W	
P _{comp_LRcontmint} (h)	et à charge réelle.		
P _{comp_LR} (h)			
P _{fou_pc_brut} (h)	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W	
P _{compma_LR} (h)	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W	
W _{aux,0} (h)	Puissance effective absorbée par les auxiliaires à charge nulle	W	
Ccp _{LRcontmin_net} (h)	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge LR _{contmin} .	-	
Qreq _{act} (h)	Energie requise ramenée une machine parmi les Rdim identiques	W	

$Q_{rest_{act}}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh
---------------------	--	----

Constantes

Nom	Description	Unité	Con v.
Val_util_max	Valeurs utiles maximales de COP propre à chaque technologie et à chaque mode <i>Tableau 15 : Nomenclature du modèle</i>	2,2	

16.5.4 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

16.5.4.1. Pré-traitement

16.5.4.1.1. Calcul de la température du fluide aval

La température du fluide aval est égale à la température de l'eau froide en entrée de l'échangeur de la PAC.

$$\theta_{aval}(h) = T_{eau}(h) \quad (18)$$

16.5.4.2. Module pompe à chaleur CO2

16.5.4.2.1. Généralités de prise en compte des performances dans un mode donné

La modélisation des systèmes reprend celle associée au générateur thermodynamique Air extérieur/Eau pour l'ECS, seule la création de matrice de performance, de puissance absorbée et de coefficient de correction est modifiée par rapport au chapitre 8.23.3.4.1 de la méthode Th-BCE 2020.

La procédure de création des matrices de performance est détaillée dans les chapitres suivants.

16.5.4.2.2. Création des matrices de performance à pleine charge

16.5.4.2.3. Initialisation

IdFluide_aval = 1 : eau;
IdFluide_amont = 2 : air;
Val_Util_Max = 2,2

16.5.4.2.4. Format de matrice de performance

La matrice de performances des PAC air extérieur/ eau pour le générateur PAC CO2 est la suivante :

		Matrice des puissances absorbées				
Tretour		-5	0	10	20	50
Tdépart		-8	-3	7	17	47
$\theta_{\text{amont}} (^{\circ}\text{C})$		-7	2	7	20	25
$\theta_{\text{aval}} (^{\circ}\text{C})$	2					
	10					
	15			Pivot		
	20					
	26					

Figure 2 : Matrice de performance des PAC CO2

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est pour $\theta_{\text{amont}} = 7$; $\theta_{\text{aval}} = 15$.

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité imposé au travers des paramètres $M_{\theta_Aval_Ecs}$ et $M_{\theta_Amont_Ecs}$, qui sont définis dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : $M_{\theta_Aval_Ecs}$	Températures amont : $M_{\theta_Amont_Ecs}$
1 : 15°C	1 : 7 °C
2 : 15°C et 10°C	2 : 7 °C, 20 °C
3 : 15°C, 10°C, 20°C	3 : 7 °C, 20 °C, -7°C
4 : 15°C, 10°C, 20°C, 2°C	4 : 7°C, 20 °C, -7 °C, 2°C
5 : 15°C, 10°C, 20°C, 2°C, 26°C	5 : 7,20 °C, -7 °C, 2 °C, 35°C

Tableau 16 : ordre de saisie des températures aval et amont des PAC

Correction des valeurs de performance en fonction de leur statut

On applique la procédure décrite dans la méthode RE2020 Th-BCE, à ceci près que les indices de ligne et colonne de la valeur pivot sont (3,3).

16.5.4.2.5. Calcul des valeurs par défaut

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

Températures aval	Températures amont
$C_{nav_COP}(-7, 7) = 0,5$	$C_{nam_COP}(15, 2) = 1,26$
$C_{nav_COP}(2, 7) = 0,8$	$C_{nam_COP}(15,10) = 1,1$
$C_{nav_COP}(20, 7) = 1.25$	$C_{nam_COP}(15, 20)= 0,9$
$C_{nav_COP}(35, 7) = 1.5$	$C_{nam_COP}(15, 26)= 0,78$

Tableau 17 : coefficients 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 définies à partir de la saisie. Ainsi :

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

$$\begin{aligned}
&\text{si } \{COP_util(1,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(1, 3)\} = \{COP_util(3,3)\} \times Cnnav_COP(-7, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(2,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(2,3)\} = \{COP_util(3,3)\} \times Cnnav_COP(2, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(4,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(4,3)\} = \{COP_util(3,3)\} \times Cnnav_COP(20, 7) \\
&\text{si } \{COP_util(5,3)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(5,3)\} = \{COP_util(4,3)\} \times Cnnav_COP(35,20)
\end{aligned} \tag{19}$$

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

$$\begin{aligned}
&\text{- Pour chaque ligne d'indice } i \text{ allant de } 1 \text{ à } N_{\theta_{aval}} \\
&\text{si } \{COP_util(i,1)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,1)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(2, 15) \\
&\text{si } \{COP_util(i,2)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,2)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(10, 15) \\
&\text{si } \{COP_util(i,4)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,4)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(20, 15) \\
&\text{si } \{COP_util(i,5)\} = 0 \\
&\quad \{COP_util(i,5)\} = \{COP_util(i,3)\} \times Cnnav_COP(26, 15)
\end{aligned} \tag{20}$$

Pour les puissances absorbées (matrice $\{Pabs(i,j)\}$), la procédure est identique à celle de $\{COP_util(i,j)\}$ décrite plus haut, avec les coefficients Cnn spécifiques suivants (indépendants de la puissance thermique maximale) :

Températures aval	Températures amont
$Cnnav_COP(-7, 7) = 0,86$	$Cnnav_COP(15, 2) = 1,13$
$Cnnav_COP(2, 7) = 0,95$	$Cnnav_COP(15, 10) = 1,05$
$Cnnav_COP(20, 7) = 1,13$	$Cnnav_COP(15, 20) = 0,95$
$Cnnav_COP(35, 7) = 1,28$	$Cnnav_COP(15, 26) = 0,89$

Tableau 18 : coefficients Cnn pour $Pabs$

16.5.4.2.6. Puissance absorbée par les auxiliaires à charge nulle

Cas d'un générateur thermodynamique mono-service :

La puissance des auxiliaires à charge nulle, $W_{aux,0}$, est une constante au cours du calcul. Elle peut être exprimée en fonction de la puissance absorbée à pleine charge au point pivot $\{Pabs(ipivot, jpivot)\}$ du mode du générateur :

$$W_{aux,0} = Taux \times \{Pabs(ipivot, jpivot)\} \tag{21}$$

Le paramètre $Taux$, est le ratio de la puissance d'auxiliaire à charge nulle sur la puissance absorbée à pleine charge au point pivot. Selon la valeur de $Statut_taux$, la procédure d'obtention du $Taux$ est la suivante :

- Statut_taux = 0 : Valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,

La valeur de Taux saisie n'est pas corrigée.

- Statut_taux = 1 : Valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation :

La valeur de Taux saisie est multipliée par 1,1.

- Statut_taux = 2 : autres cas, valeur par défaut .

Taux prend la valeur suivante :
En mode ECS :

$$\text{Taux} = 0,02 \quad (22)$$

16.5.4.2.7. Calcul des données de sortie à l'issue du traitement d'un mode

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

$$Q_{cons}(h) = P_{abs_LR}(h) \times Rdim \quad (23)$$

$$Q_{cef(3;50)} = Q_{cons} \quad (24)$$

$$\eta_{eff,ecs}(h) = COP_{LR}(h) \quad (25)$$

$$Q_{fou-ecs}(h) = P_{fouLR}(h) \times Rdim \quad (26)$$

$$Q_{rest-ecs}(h) = Q_{rest,act}(h) \times Rdim \quad (27)$$

$$T_{charge-ecs}(h) = LR(h) \quad (28)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en ECS :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (29)$$

16.6 _Gen_Thermodynamique_Elec_DoubleService_Air_Extrait_Eau_NIBE

16.6.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithmique traite la modélisation des pompes à chaleur air extrait/ eau de Nibe Energy Systems. Ces systèmes ont les fonctions suivantes :

- Ventilation
- Chauffage
- Production d'Eau Chaude Sanitaire

Au sein d'une maison individuelle, la pompe à chaleur est reliée à une VMC Simple Flux afin de récupérer les calories de l'air qu'elle extrait. Cet air est conduit jusqu'au circuit réfrigérant de la pompe à chaleur, comme indiqué sur le schéma suivant.

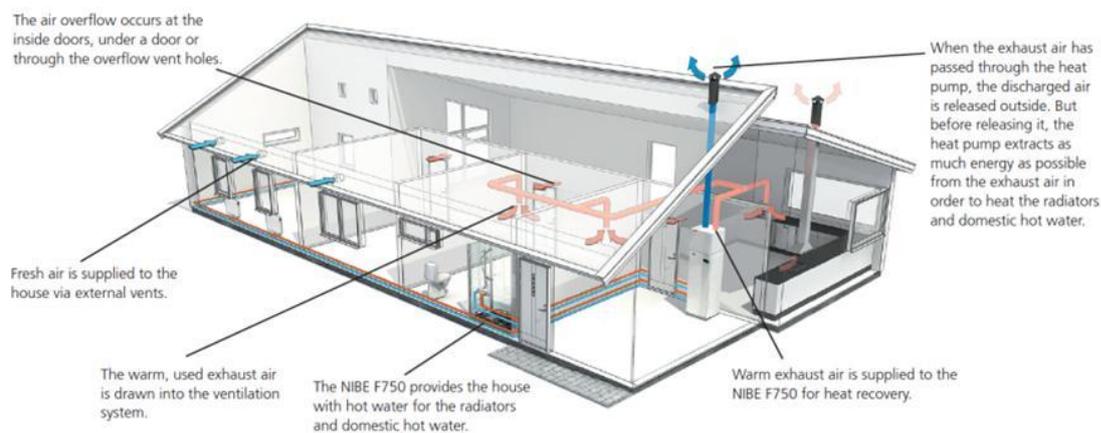


Figure 3: Schéma général de l'installation de la pompe à chaleur en maison individuelle

Ces modèles de pompes à chaleur sur air extrait ont la particularité de fonctionner à partir d'un mélange d'air extrait et d'air extérieur. En effet, de l'air extérieur est introduit afin d'augmenter les débits d'air entrant dans la pompe à chaleur et ainsi d'améliorer les performances.

16.6.2 DOMAINE D'APPLICATION

Ce système concerne les locaux à usage d'habitation dont la SREF (surface habitable) est inférieure ou égale à 200 m². Pour les locaux à usage d'habitation dont la SREF est supérieure à 200 m², le système peut être utilisé avec un appoint : chaudière, réseau de chaleur ou effet joule (source ballon appoint).

16.6.3 NOMENCLATURE

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

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

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
θ_{amont}	Température de la source amont (type air)	°C			
$\theta_{\text{aval_ch}}$ $\theta_{\text{aval_ecs}}$	Température de la source aval (type eau) pour chaque poste	°C			
$Q_{\text{req_ch}}$ $Q_{\text{req_ecs}}$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	²			
$R_{\text{puis_dispo}}(h)$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure). Mode de fonctionnement sollicité :	Réel			
$\text{id}_{\text{fonction}}$	1 : <i>chauffage</i> 3 : <i>ECS</i>	Ent			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Cat	Catégorie de générateur : 503: <i>générateur thermodynamique à compression électrique</i>	Ent			503
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricite : 4</i>	Ent	1	5	4
Gene_Thermo_Elec	Catégorie de générateur thermodynamique à compression électrique : <i>Double-service (en base de production-stockage)</i>	-			
$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage: 1</i> <i>ECS : 3</i> <i>Chauffage et ECS : 4</i>	Ent	1	4	
Part_air_extrait	Part de l'air extrait dans le mélange air extrait/air extérieur	%	0	100	
$\text{Id}_{\text{fluide_aval}}$	Nature du fluide aval : 2 : <i>eau</i>	Ent	1	2	
$\text{Id}_{\text{fluide_amont}}$	Nature de la source amont : 2 : <i>air</i>	Ent	1	3	
Id_Source_Amont	Identifiant de la source amont	Ent	1	$+\infty$	
Syst_thermo_Ch	Technologie du générateur en chauffage : 10: <i>PAC air extrait/eau</i>	Ent	10	10	
Syst_thermo_Ecs	Technologie du générateur en chauffage : 2: <i>PAC air extrait/eau</i>	Ent	2	2	

$M_{\theta_Aval_Ch}$ $M_{\theta_Aval_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{av,pivot}$ 2 : 2 premières valeurs de $\theta_{av,i}$ 3 : etc...	Ent	1	5	
$M_{\theta_Amont_Ch}$ $M_{\theta_Amont_Ecs}$	Valeurs de températures aval pour lesquelles les COP (ou EER) et Pabs sont saisis : 1 : $\theta_{amont,pivot}$	Ent	1	1	
Statut_données_PC_ ch Statut_données_PC_ ECS	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage/en ECS : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée	Ent	1	2	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage					
$\{COP(i,j)\}_{ch}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP)	{-}	0	$+\infty$	
$\{P_{abs}(i,j)\}_{ch}$	Matrice des puissances absorbées en électricité selon les températures amont et aval en mode chauffage	{kW}	0	$+\infty$	
$\{COR(i,j)\}_{ch}$	Matrice des statuts de données en mode chauffage : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage					
StatutCOP _{pivot_ch}	Statut des valeurs pivots : 1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut	Ent	0	2	-
COP _{pivot_ch}	Valeur du COP pivot en chauffage	-	0	$+\infty$	-
P _{abs_pivot_ch}	Valeur pivot de puissance absorbée en chauffage	kW	0	$+\infty$	-
Saisie des performances certifiées ou justifiées en ECS					
$\{COP(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des performances en mode ECS (COP)	{-}	0	$+\infty$	
$\{P_{abs}(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des puissances absorbées en électricité selon les températures amont et aval en mode ECS	{kW}	0	$+\infty$	
$\{COR(i,j)\}_{ecs}$	Matrice des statuts de données en mode ECS : 1 : valeurs certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en ECS					
StatutCOP _{pivot_ecs}	Statut des valeurs pivots : 1 : valeur déclarée 2 : valeur par défaut	Ent	0	2	-
COP _{pivot_ecs}	Valeur du COP pivot en ECS	-	0	$+\infty$	-

$P_{abs_pivot_ecs}$	Valeur pivot de puissance absorbée en ECS	kW	0	$+\infty$	-
-----------------------	---	----	---	-----------	---

Limites de fonctionnement de la machine selon le mode

	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré :				
Lim_θ_ch Lim_θ_ecs	0 = pas de limite 1 = limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	Ent	0	2	-
θmax_av_ch θmax_av_ecs	Température maximale aval au delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode chauffage ou ECS	°C	-50	10 0	-
θmin_am_ch θmin_am_ecs	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner en mode chauffage ou ECS	°C	-50	10 0	-

Fonctionnement à charge partielle en chauffage

Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 1 : <i>déclarée</i> 2 : <i>par défaut</i>	Ent	0	2	
Fonc_compr	Mode de fonctionnement du moteur : 1 : <i>Fonctionnement continu</i> 2 : <i>Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur</i>	Ent	1	2	1
Statut_Fonctionnement_Ch	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_Ch	3 : <i>par défaut</i> 2 : <i>déclaré</i> 1 : <i>justifié</i>	Ent	0	2	
----------------	--	-----	---	---	--

Taux_Ch	0 : certifié Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée	Réel	0	1	
Préprocesseur : composition des matrices de performance					
{Cnn _{av_Pabs} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage de Pabs ($\theta_{aval} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			
{Cnn _{am_Pabs} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{am}=\theta_j$) à Pabs($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			Voir selon technologie
{Cnn _{av_COP} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage entre de COP ($\theta_{aval}=\theta_j$) à COP($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel			
{Cnn _{am_COP} (θ_i, θ_j)}	Coefficient de passage de COP($\theta_{am}=\theta_j$) à COP($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel			

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Con v.
Idpriorite_Ch	Indice de priorité en chauffage	Ent	1	$+\infty$	
Idpriorite_Ecs	Indice de priorité en ECS	Ent	1	$+\infty$	
Typo_Emetteur_Ch	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage, en refroidissement et pour la production d'ECS : 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère: systèmes à air	entier	3	4	
R _{dim}	Nombre de machines identiques.	entier	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou,ch}(h)$ $Q_{fou,ecs}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
$Q_{rest,ch}(h)$ $Q_{rest,ecs}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$Q_{cef,ch}(h)$ $Q_{cef,ecs}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur.	Wh
$\eta_{eff,ch}(h)$ $\eta_{eff,ecs}(h)$	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel

$T_{charge,ch}(h)$	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel			
$T_{charge,ecs}(h)$					
$\Phi_{rejet,ch}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont pour le mode sollicité	Wh			
$\Phi_{rejet,ecs}(h)$					
Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh			
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh			
Q_{rest}	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh			
$\Phi_{rejet}(h)$	Quantité d'énergie totale rejetée à la source amont, tous modes confondus	Wh			
$COP_{pc}(h)$	COP (ou EER) utile à pleine charge pour le mode considéré	Wh			
$EER_{pc}(h)$	(communiqués à C_Gen_Source_Amont).				
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel			
Id_{engen}	Identificateur de l'énergie principale : <i>Electricité : 4</i>	Ent	1	5	4
Id_{fluide_aval}	Nature du fluide aval : <i>1 : eau</i>	Ent	1	1	1
Id_{fluide_amont}	Nature de la source amont : <i>2 : air</i>	Ent	2	2	2
id_{fougen}	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>1 : Chauffage seul</i> <i>3 : ECS seule</i> <i>4 : Chauffage et ECS</i>	Ent	1	4	

Variables internes

Nom	Description	Unité			
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{ch}$	Liste des températures aval principales de la générateur en fonction du mode.	°C			
$\{Val\theta_{av}(i)\}_{ecs}$					
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{ch}$	Liste des températures amont principales de laen fonction du mode.	°C			
$\{Val\theta_{am}(j)\}_{ecs}$					
N_{av_ch}	Nombre de températures aval principales	Ent	1	5	
N_{av_ecs}					
N_{am_ch}	Nombre de températures amont principales pour chaque mode	Ent	1	1	
N_{am_ecs}					

$\{COP_{util(i,j)}\}_{ch}$ $\{COP_{util(i,j)}\}_{ecs}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données, pour chacun des modes	{-}			
LR(h)	Taux de charge du générateur pour le mode considéré	-			
LR _{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à LR _{contmin} , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-			
COP _{_pc} COP _{_LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-			
COP _{_pc_net} COP _{_LRcontminnet} COP _{_LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-			
P _{fou_pc} P _{fou_LRcontmint} P _{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W			
P _{abs_pc} P _{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W			
P _{comp_PC} P _{comp_LRcontmint} P _{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W			
P _{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W			
C _{cpLRcontmin_net}	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge LR _{contmin} .	-			
P _{comp}	puissance appelée par le compresseur	W	-	-	-
P _{cons}	puissance appelée par la machine	W	-	+∞	-
P _{compma}	puissance appelée à cause des irréversibilités	W	-	+∞	-
cycl	en indice signifie en fonctionnement discontinu (marche arrêt)				
Q _{reqact}	Energie requise pour une machine	W	0	+∞	-
Q _{restact}	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas	Wh	0	+∞	-

Dfou0	de temps suivant, pour un générateur. durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	minutes	-	-	-
Paux	Puissance appelée par les auxiliaires	W	-	+∞	

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C _{pa}	Chaleur massique de l'air	J.K ⁻¹ .kg ⁻¹	1006
COP _{utilmax}	Valeurs utiles maximales de COP propre à chaque technologie et à chaque mode	-	Voir selon technologie
Pabs _{pivot}	Valeurs pivots de Pabs propre à chaque technologie et à chaque mode	kW	Voir selon technologie

Tableau 19 : Nomenclature du modèle

16.6.4 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes pour le chauffage et pour l'ECS :

- 1) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources,
- 2) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

16.6.4.1. Traitements des paramètres

La première étape consiste, en amont du calcul annuel, à composer les matrices de performances de COP et Pabs en fonction des températures de sources à partir des statuts des différences données utilisées.

La détermination du point pivot au débit d'air du projet, lorsque celui-ci n'est pas issu d'un essai, se fait par régression linéaire. A l'instar des Chauffe-Eau Thermodynamiques sur air extrait, si aucun essai de point pivot n'existe pour le débit d'air du projet, le point pivot à renseigner sera déduit par interpolation des points pivots à deux débits d'air encadrant le débit d'air du projet (cf. Fiche d'application : Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique, p.5/15) : « Pour les chauffe-eau thermodynamiques sur air extrait, les essais sont réalisés a minima à deux débits correspondant aux débits minimal et maximal de l'appareil. D'autres essais peuvent être réalisés à des débits intermédiaires. Les résultats obtenus par IdCET (UAS, COPpivot et Pabspivot) pour les deux essais aux débits encadrant le débit moyen réel du cas modélisé sont interpolés linéairement en fonction du débit d'air extrait pour obtenir les valeurs de UAS, COPpivot et Pabspivot correspondant au débit moyen réel du cas modélisé. »

16.6.4.1.1. Statuts de données des performances à pleine charge

La ou les puissances absorbées à pleine charge ont toujours le statut de valeur déclarée ; aucune correction liée au statut de données n'est appliquée à ce niveau. A minima, une valeur de puissance absorbée doit être saisie pour chaque valeur de COP saisies.

Pour les coefficients de performances (COP) saisis par l'utilisateur, les différents statuts de données associées sont les suivants :

Les différents statuts de donnée suivants sont possibles pour la valeur pivot :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17065 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes définies dans le Tableau 20.

Aucune correction du ou des COP saisis n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes définies dans le Tableau 20.

Une réduction de 10% du ou des COP saisis est appliquée.

- **déclarée** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Une réduction de 20% du COP pivot saisi est appliquée. La valeur pivot est de plus plafonnée à une valeur utile maximale, définie selon la technologie.

- **par défaut** : aucune information disponible.

La valeur pivot est imposée. Elle est prise, égale à la valeur utile maximale de la technologie réduite de 20%.

Les essais fournis par NIBE ont été effectués dans leurs laboratoires, la valeur des performances de leurs systèmes est donc déclarée. Les performances de leur système sont néanmoins en cours de certification dans un laboratoire accrédité SWEDAC.

Il en est de même pour les autres valeurs de la matrice de performance.

Les données certifiées et les données justifiées sont fournies par l'utilisateur selon une règle de priorité définie par type de machine. La fourniture des valeurs mesurées devant en outre respecter l'ensemble des configurations amont/aval. Par exemple, dans le cas des machines air extrait / eau (configuration air extrait seul) en mode chauffage, si l'on retient $\Theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$ et $42,5^{\circ}\text{C}$ et $\Theta_{\text{amont}} = 15^{\circ}\text{C}$ et 20°C , les COP mesurés doivent être fournis pour les 6 couples $\Theta_{\text{aval}} \Theta_{\text{amont}}$.

Remarque importante : Dans le cas de cette machine, nous pouvons uniquement saisir les COP (et Pabs liés à la température d'air extrait (amont) de 20°C , toutes les autres valeurs de COP et Pabs liées aux autres températures amont sont déterminées.

L'entrée des données des matrices et la correction des données sont les suivantes :

- Statut_données_PC = 1 : *il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées*

Il est possible de saisir dans la matrice des données certifiées et/ou des données justifiées lorsqu'elles sont disponibles, entrée d'un paramètre qui indique, pour chaque valeur entrée précédemment, si c'est une valeur certifiée, une valeur justifiée. Ce paramètre est rangé dans une matrice semblable à la matrice des données, $\{COR(i,j)\}$ qui contient la valeur 1 chaque fois que la performances correspondante dans la matrice de performance est une valeur certifiée, 2 pour une valeur justifiée. La correction est faite automatiquement.

Les autres cases de la matrice de performances seront complétées par des valeurs par défaut, l'utilisateur n'ayant pas la possibilité de rentrer une valeur déclarée pour une performance autre que la valeur pivot.

- Statut_données_PC = 2 : *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

La valeur pivot peut être saisie uniquement si $StatutCOP_{pivot} = 1$ (valeur déclarée). Sinon ($StatutCOP_{pivot} = 2$), la valeur par défaut est utilisée. c'est une valeur par défaut qui n'est pas entrée.

Concernant la puissance absorbée, notée Pabs, cette dernière comprend la puissance du ou des compresseur(s), celle des auxiliaires internes de la machine et tout ou partie de la puissance des axillaires affectés au déplacement des médiums en contact externe avec l'évaporateur et le condenseur, selon le type de machine.

A l'instar des COP/EER, les puissances absorbées en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut.

Les puissances absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP. Dans l'exemple, la valeur 7°C/32,5°C est donc obligatoirement fournie.

- Statut_données_PC = 1 : *il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées*

Les valeurs prises en compte sont les valeurs résultant des essais, sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

- Statut_données_PC = 2 : *il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée.*

On entre seulement la valeur Pivot sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

On calcule les puissances absorbées par défaut sur la base d'une variation de 1% par degré de variation de température amont ou aval (la puissance du compresseur diminuant avec l'écart $\theta_{aval} - \theta_{amont}$), en respectant les mêmes règles que pour le COP.

La procédure de création des matrices de performance est détaillée dans les chapitres suivants pour chaque mode (chauffage, ECS, refroidissement).

16.6.4.2. Lien avec la source amont

La PAC NIBE air extrait-air extérieur/eau peut se connecter :

- Soit à la source amont air extrait quand seul l'air extrait est utilisé ($id_{amont-air-type}^{gnr}=3$)
- Soit à la source mélange air extrait/air extérieur, quand un débit d'air extérieur est ajouté à l'air extrait ($id_{amont-air-type}^{gnr}=4$), cf chapitre 16.7 C_Gen_Source_Amont NIBE

16.6.4.3. Performances à pleine charge en chauffage

On décrit les matrices de performance pour chaque paramètre à pleine charge suivant :

- COP, coefficient de performance,
- P_{abs} , puissance absorbée en énergie électrique,
- Statut_données_PC_ch, statut de données des COP renseignés (1 : Valeurs certifiées ou mesurées, 2 : Pas de valeurs certifiées ou mesurées)
- StatutCOP_ch, statut de données des COP renseignés si Statut_données_PC_ch = 2 (1 : valeur déclarée ou 2 : valeur par défaut),

Dans chaque colonne (correspondant aux températures θ_{amont}) où au moins une valeur de COP est renseignée, les valeurs de COP doivent être renseignées aux mêmes températures θ_{aval} .

Pour une température θ_{amont} fixée, une valeur de COP à une température θ_{aval} ne peut être renseignée que si la valeur de COP pour la température θ_{aval} de priorité inférieure est également renseignée.

De même, pour une température θ_{aval} fixée, une valeur de COP à une température θ_{amont} ne peut être renseignée que si la valeur de COP pour la température θ_{amont} de priorité inférieure est également renseignée.

A chaque case de la matrice de COP saisie doit correspondre une case de la matrice de Pabs saisie.

Note : les températures aval sont assimilées à des températures moyennes départ/retour d'eau. Les températures amont sont les températures de bain dans lequel les couronnes de captage sont immergées au cours des essais de performance. La caractérisation des performances ne peut se faire qu'en suivant les ordres de priorités définis ci-dessus.

StatutCOP	Correction
Certifié(s)	$COP_{util}(i;j) = COP(i;j)$
Justifié(s)	$COP_{util}(i;j) = 0,9 \times COP(i;j)$
Déclaré (pivot seulement)	$COP_{pivot_util} = \text{MIN}[0,8 \times COP_{pivot}; COP_{utilmax}(ch)]$
Par défaut (pivot seulement)	$COP_{pivot_util} = 0,8 \times COP_{utilmax}(ch)$

Tableau 20: Statuts COP et correction

Concernant les statuts « Déclaré » et « Par défaut », seule la valeur pivot peut être saisie.

16.6.4.3.1. COP et Pabs pivots

Mélange air extrait – air extérieur

Afin de prendre en compte la possibilité de rajouter un débit d'air extérieur à l'air extrait, permettant d'augmenter les performances de la PAC, une matrice hybride air extrait-air extérieur/eau est créée dans le moteur de calcul.

Cette matrice n'est utilisée que pour des températures extérieures comprises entre -5 et 10°C. Pour des températures extérieures inférieures à -5°C ou supérieures à 10°C, la matrice air extrait est utilisée.

Cette matrice est utilisée lorsque $-5^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext}} < 10^{\circ}\text{C}$.

Le point pivot de cette matrice se situe aux points : $\theta_{\text{amont}} = 15^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$.

		0	5	10	15	20	25
T_{aval} (eau) en °C	Priorité	6	3	2	1	4	5
23,5	4						
32,5	1						
42,5	2						
51	3						
60	5						

Tableau 21 : Matrice de performance des générateurs thermodynamiques électriques air extrait – air extérieur/eau, mode chauffage, pleine charge, pour T_{ext} comprises entre -5°C et 10°C

Les valeurs utiles maximales de cette matrice sont les suivantes :

- $\text{COP}_{\text{utilmax}}(\text{ch}) = 2,8$ ($\theta_{\text{am}} = 15^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$).
- $\text{Pabs}_{\text{pivot}}(\text{ch}) = 1,3$ ($\theta_{\text{am}} = 15^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$)

Air extrait seul

Cette matrice peut être utilisée soit en mode air extrait seul, soit dans le cas d'un mélange d'air, lorsque les températures extérieures sont inférieures à -5°C ou supérieures à 10°C .

Le point pivot de cette matrice est celui de la PAC air extrait, à savoir pour les températures $\theta_{\text{amont}} = 20^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$.

Cette matrice est utilisée lorsque $\theta_{\text{ext}} < -5^{\circ}\text{C}$ et lorsque $\theta_{\text{ext}} > 10^{\circ}\text{C}$.

		5	10	15	20	25
T_{aval} (eau) en °C	Priorité	6	4	2	1	3
23,5	4					
32,5	1					
42,5	2					
51	3					

60	5					
----	---	--	--	--	--	--

Tableau 22 : Matrice de performance des générateurs thermodynamiques électriques air extrait/eau, mode chauffage, pleine charge

Les valeurs utiles maximales de cette matrice sont les suivantes :

- $COP_{utilmax}(ch) = 3,1$ ($\theta_{am} = 20^{\circ}C$; $\theta_{av} = 32,5^{\circ}C$).
- $Pabs_{pivot}(ch) = 0,9$ ($\theta_{am} = 20^{\circ}C$; $\theta_{av} = 32,5^{\circ}C$).

En mode air extrait, si aucun essai de point pivot n'existe pour le débit d'air extrait du projet, déduire le point pivot par interpolation linéaire.

16.6.4.3.2. Détermination des autres COP et Pabs de la matrice

Mélange air extrait – air extérieur

Les valeurs de la matrice en dehors du point pivot sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

- Pour la matrice air extrait-air extérieur/eau, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessous :

Températures aval : eau	Températures amont : mélange air extérieur, air extrait
32.5°C	15 °C
32.5°C et 42.5°C	15°C, 10°C
32.5°C, 42.5°C, 51°C	15°C, 10°C, 5°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C
	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 0°C

Tableau 23 : températures aux sources pour la matrice air extérieur – air extrait /eau

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de COP ou Pabs est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned}
 \text{si } \{ValCOP(4,1)\} = 0 & \\
 \{ValCOP(4,1)\} &= \{ValCOP(4,2)\} * Cnav_COP(23.5, 32.5) \\
 \text{si } \{ValCOP(4,3)\} = 0 & \\
 \{ValCOP(4,3)\} &= \{ValCOP(4,2)\} * Cnav_COP(42.5, 32.5) \\
 \text{si } \{ValCOP(4,4)\} = 0 & \\
 \{ValCOP(4,4)\} &= \{ValCOP(4,3)\} * Cnav_COP(51, 42.5) \\
 \text{si } \{ValCOP(4,5)\} = 0 & \\
 \{ValCOP(4,5)\} &= \{ValCOP(4,4)\} * Cnav_COP(60, 51)
 \end{aligned}$$

Les coefficients $Cnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0,8 Cnnav_COP(51, 42.5) = 0,8 Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1,1 Cnnav_COP(60, 51) = 0,8	Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0,9 Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0,915 Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1,09 Cnnav_Pabs(60, 51) = 0,91

Tableau 24: valeurs de Cnnav en chauffage pour $\theta_{amont} = 20^{\circ}\text{C}$, mélange air extrait-air extérieur/eau

Pour le remplissage des lignes, la démarche est la suivante :

2) les lignes sont complétées

Pour l'ign allant de 1 à N θ aval,

si {ValCOP(1,lign)} = 0

$$\{\text{ValCOP}(1, \text{lign})\} = \{\text{ValCOP}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnav_COP}(0, 15)$$

si {ValCOP(2,lign)} = 0

$$\{\text{ValCOP}(2, \text{lign})\} = \{\text{ValCOP}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnav_COP}(5, 15)$$

si {ValCOP(3,lign)} = 0

$$\{\text{ValCOP}(3, \text{lign})\} = \{\text{ValCOP}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnav_COP}(10, 15)$$

si {ValCOP(5,lign)} = 0

$$\{\text{ValCOP}(5, \text{lign})\} = \{\text{ValCOP}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnav_COP}(20, 15)$$

si {ValCOP(6,lign)} = 0

$$\{\text{ValCOP}(6, \text{lign})\} = \{\text{ValCOP}(4, \text{lign})\} * \text{Cnnav_COP}(25, 15)$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cnnav_COP(0, 15) = 0,90 Cnnav_COP(5, 15) = 0,93 Cnnav_COP(10, 15) = 0,97 Cnnav_COP(20, 15) = 1,03 Cnnav_COP(25, 15) = 1,06	Cnnav_Pabs(0, 15) = 0,30 Cnnav_Pabs(5, 15) = 0,53 Cnnav_Pabs(10, 15) = 0,77 Cnnav_Pabs(20, 15) = 1,22 Cnnav_Pabs(25, 15) = 1,44

Tableau 25: valeurs de Cnnav en chauffage $\theta_{aval} = 32,5^{\circ}\text{C}$, mélange air extrait-air extérieur/eau

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients Cnnav_Pabs et Cnnav_COP.

Air extrait seul

Pour la matrice air extrait/eau, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : eau
32.5°C
32.5°C et 42.5°C
32.5°C, 42.5°C, 51°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C

Températures amont : air extrait
20 °C
20 °C, 15 °C
20 °C, 15 °C, 25 °C
20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C,
20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 5°C

Tableau 26 : températures aux sources

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de COP ou P_{abs} est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValCOP(4,1)\} = 0 & \quad \{ValCOP(4,1)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnnav_COP(23.5, 32.5) \\ \text{si } \{ValCOP(4,3)\} = 0 & \quad \{ValCOP(4,3)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnnav_COP(42.5, 32.5) \\ \text{si } \{ValCOP(4,4)\} = 0 & \quad \{ValCOP(4,4)\} = \{ValCOP(4,3)\} * Cnnav_COP(51, 42.5) \\ \text{si } \{ValCOP(4,5)\} = 0 & \quad \{ValCOP(4,5)\} = \{ValCOP(4,4)\} * Cnnav_COP(60, 51) \end{aligned}$$

Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0,8$ $Cnnav_COP(51, 42.5) = 0,8$ $Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1,1$ $Cnnav_COP(60, 51) = 0,8$	$Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0,9$ $Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0,915$ $Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1,09$ $Cnnav_Pabs(60, 51) = 0,91$

Tableau 27: valeurs de Cnnav en chauffage pour $\theta_{amont} = 20^\circ C$ en air extrait

Pour le remplissage des lignes, la démarche est la suivante :

2) les lignes sont complétées

Pour l_{ign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValCOP(1,l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValCOP(1,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav_COP(5, 20) \\ \text{si } \{ValCOP(2,l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValCOP(2,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav_COP(10, 20) \\ \text{si } \{ValCOP(3,l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValCOP(3,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav_COP(15, 20) \end{aligned}$$

si $\{ValCOP(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(5, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * C_{nnam_COP}(25, 20)$$

Il en est de même pour les coefficients de puissance absorbée C_{nnam_Pabs} .

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$C_{nnam_COP}(5, 20) = 0,8$ $C_{nnam_COP}(10, 20) = 0,84$ $C_{nnam_COP}(15, 20) = 0,86$ $C_{nnam_COP}(25, 20) = 1$	$C_{nnam_Pabs}(15, 20) = 0,89$ $C_{nnam_Pabs}(10, 20) = 0,78$ $C_{nnam_Pabs}(5, 20) = 0,67$ $C_{nnam_Pabs}(25, 20) = 1,11$

Tableau 28: valeurs de C_{nnam} en chauffage $\theta_{aval} = 32,5^{\circ}C$ en air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients C_{nnam_Pabs} et C_{nnav_Pabs} .

16.6.4.4. Algorithme horaire de prise en compte du double service

Le fonctionnement en mode ECS est prioritaire sur le fonctionnement en mode chauffage. Tant que le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas couvert entièrement, le générateur ne fournit pas d'énergie en chauffage.

Au pas de temps où le besoin en chauffage est nul, notamment hors saison de chauffage, le basculement en mode chauffage n'a pas lieu. Le comportement de la machine est alors modélisé uniquement par l'algorithme en mode ECS.

La méthode Th-BCE (« 8.17 C_Gen_Gestion/régulation de la génération ») prévoit un double appel séquentiel des PAC Double Service : on décrit dans un premier temps complètement le fonctionnement en ECS du générateur, puis son fonctionnement en chauffage lors d'un second appel.

Pour ce qui est des algorithmes de description des performances de la machine, il suffit de distinguer deux sous-algorithmes :

- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est à rapprocher de celui du chapitre « 8.23.3.4 Création des matrices de performance à plein charge en mode production ECS ». Etant donnée la machine fonctionne à pleine charge pour répondre au besoin ECS, la modélisation ne fait pas intervenir le paragraphe sur le fonctionnement à charge partielle ou nulle de la méthode Th-BCE.
- **Sous-algorithme du mode chauffage** : le processus est à rapprocher de celui des chapitres « 8.23.3.3 Création des matrices de performance à plein charge en mode chauffage » et « 8.23.3.6 Définition des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle » du chapitre « 8.23 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE. Dans la mesure où le fonctionnement en chauffage peut intervenir après un fonctionnement en production ECS, on introduit à la manière des chaudières double service un coefficient R_{puis_dispo} . Il permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS.

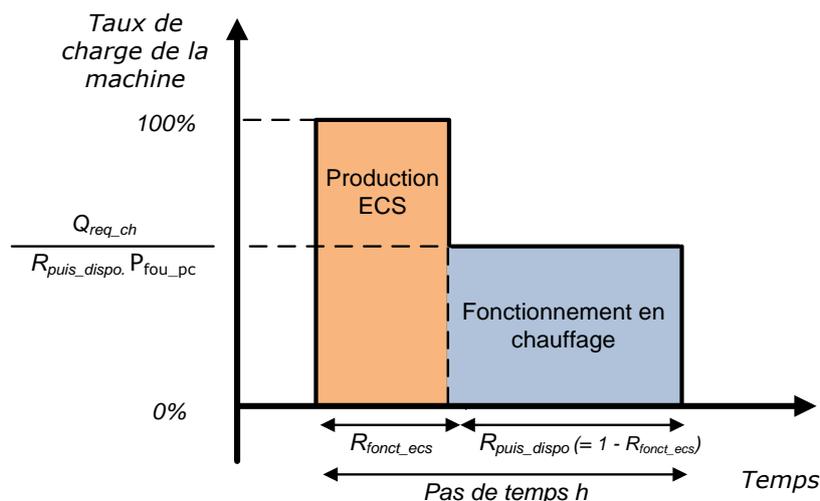


Figure 4: sous-décomposition d'un pas de temps en double service

16.6.4.5. Performances à pleine charge en ECS

Se référer au code du paragraphe 8.23.3.4.2 PAC air extrait / eau en mode ECS de la méthode Th-BCE.

16.6.4.5.1. COP et Pabs pivots

Comme pour l'usage du chauffage, en ECS il y a possibilité d'utiliser soit l'air extrait comme source amont soit un mélange air extrait-air extérieur.

Mélange air extrait – air extérieur

La matrice de performances en mélange air extrait-air extérieur/eau est la suivante :

		Tamont (air extrait - air extérieur)							
		Tam >	0	5	10	15	20	25	30
Taval	priorité	7	4	2	1	3	5	6	
5	7								
15	5								
25	3								
35	2								
45	1								
55	4								
65	6								

Tableau 29 : Matrice de performance des machines air extrait - extérieur / eau en ECS

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour tam = 15 ; Tav = 45 ;

Pour les PAC F730 et F750 de NIBE, les valeurs pivots sont les suivantes :

- $COP_{utilmax}(ECS) = 2,46$.
- $Pabs_{pivot}(ECS) = 0,6$.

Air extrait seul

La matrice de performances de la PAC air extrait / eau pour l'ECS est la suivante :

		Tamont (air extrait)					
		Tam > priorité	5	10	15	20	25
Taval		6	4	2	1	3	5
5	7						
15	5						
25	3						
35	2						
45	1						
55	4						
65	6						

Tableau 30 : Matrice de performance des systèmes thermodynamiques air extrait / eau en ECS

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour $\theta_{am} = 20$; $\theta_{av} = 45$

Pour les PAC F730 et F750 de NIBE, les valeurs pivots sont les suivantes :

- $COP_{utilmax}(ECS) = 2,64$.
- $Pabs_{pivot}(ECS) = 0,73$.

Le point pivot est obtenu à partir de l'outil IDCET, qui permet de passer des essais de la norme 16147 aux données d'entrée de la RT2012.

16.6.4.5.2. Détermination des autres COP et Pabs de la matrice

Mélange air extrait – air extérieur

Pour la matrice **air extrait-air extérieur/eau** :

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes. Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval
45°C
45°C, 35 °C,
45°C, 35 °C, 25 °C,
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C,
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C

Températures amont
15 °C
15°C, 10°C
15°C, 10°C, 5°C
15°C, 10°C, 5°C, 20°C
15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C
15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 30°C
15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 30°C, 0°C

Tableau 31 : températures aux sources

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValECS(4,1)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,1)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(5, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,2)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,2)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(15, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,3)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,3)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(25, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,4)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,4)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(35, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,6)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,6)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(55, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,7)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,7)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(65, 45) \end{aligned}$$

Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnav_Pabs(35,45) = 1.1$
	$Cnnav_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnav_Pabs(25,45) = 1.2$
	$Cnnav_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnav_Pabs(55,45) = 0.9$
	$Cnnav_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnav_Pabs(15,45) = 1.3$
	$Cnnav_COP(65,45) = 0.6$	$Cnnav_Pabs(65,45) = 0.8$
	$Cnnav_COP(5,45) = 1.8$	$Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40$

Tableau 32 : coefficients de correction en fonction des températures aval, mélange air extrait air extérieur/eau

2. Les lignes sont complétées

Pour l_{lign} allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValECS(1,lign)\} = 0 & \quad \{ValECS(1,lign)\} = \{ValECS(4,lign)\} * Cnnav_COP(0, 15) \\ \text{si } \{ValECS(2,lign)\} = 0 & \quad \{ValECS(2,lign)\} = \{ValECS(4,lign)\} * Cnnav_COP(5, 15) \\ \text{si } \{ValECS(3,lign)\} = 0 & \quad \{ValECS(3,lign)\} = \{ValECS(4,lign)\} * Cnnav_COP(10, 15) \\ \text{si } \{ValECS(5,lign)\} = 0 & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValECS(6, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(5, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cn_{nam_COP}(20, 15) \\ \text{si } \{ValECS(7, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(6, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cn_{nam_COP}(25, 15) \\ & \quad \{ValECS(7, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cn_{nam_COP}(30, 15) \end{aligned}$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cn _{nam_COP} (0, 15)= 0,9 Cn _{nam_COP} (5, 15)= 0,93 Cn _{nam_COP} (10, 15)= 0,97 Cn _{nam_COP} (20, 15)= 1,03 Cn _{nam_COP} (25, 15)= 1,06 Cn _{nam_COP} (30, 15)= 1,09	Cn _{nam_Pabs} (0, 15)= 0,3 Cn _{nam_Pabs} (5, 15)= 0,53 Cn _{nam_Pabs} (10, 15)= 0,77 Cn _{nam_Pabs} (20, 15)= 1,22 Cn _{nam_Pabs} (25, 15)= 1,44 Cn _{nam_Pabs} (30, 15)= 1,66

Tableau 33: valeurs de Cn_{nam} en ECS pour $\theta_{aval} = 45^{\circ}C$, air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients Cn_{nam_Pabs} et Cn_{nav_Pabs}.

Air extrait seul

Pour la **matrice air extrait/eau**, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	20 °C
45°C, 35 °C,	20 °C, 15 °C
45°C, 35 °C, 25 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C, 5
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65, 5 °C	°C

Tableau 34 : températures aux sources

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée
2.
 - si $\{ValECS(4,1)\} = 0$
 $\{ValECS(4,1)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav_COP}(5, 45)$
 - si $\{ValECS(4,2)\} = 0$
 $\{ValECS(4,2)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav_COP}(15, 45)$
 - si $\{ValECS(4,3)\} = 0$
 $\{ValECS(4,3)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav_COP}(25, 45)$
 - si $\{ValECS(4,4)\} = 0$
 $\{ValECS(4,4)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav_COP}(35, 45)$
 - si $\{ValECS(4,6)\} = 0$
 $\{ValECS(4,6)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav_COP}(55, 45)$
 - si $\{ValECS(4,7)\} = 0$
 $\{ValECS(4,7)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cn_{nav_COP}(65, 45)$

Les coefficients $Cnn_{av}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnav_Pabs(35,45) = 1.1$
	$Cnnav_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnav_Pabs(25,45) = 1.2$
	$Cnnav_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnav_Pabs(55,45) = 0.9$
	$Cnnav_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnav_Pabs(15,45) = 1.3$
	$Cnnav_COP(65,45) = 0.6$	$Cnnav_Pabs(65,45) = 0.8$
	$Cnnav_COP(5,45) = 1.8$	$Cnnav_Pabs(5,45) = 1.4$

Tableau 35 : valeurs de $Cnnav$ en ECS pour $\theta_{amont} = 20^{\circ}C$, air extrait

3. Les lignes sont complétées

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

si $\{ValECS(1,l)\} = 0$

$$\{ValECS(1,l)\} = \{ValECS(4,l)\} * Cnnav_COP(5, 20)$$

si $\{ValECS(2,l)\} = 0$

$$\{ValECS(2,l)\} = \{ValECS(4,l)\} * Cnnav_COP(10, 20)$$

si $\{ValECS(3,l)\} = 0$

$$\{ValECS(3,l)\} = \{ValECS(4,l)\} * Cnnav_COP(15, 20)$$

si $\{ValECS(5,l)\} = 0$

$$\{ValECS(5,l)\} = \{ValECS(4,l)\} * Cnnav_COP(25, 20)$$

si $\{ValECS(6,l)\} = 0$

$$\{ValECS(6,l)\} = \{ValECS(4,l)\} * Cnnav_COP(30, 20)$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav_COP(5, 20) = 0,8$	$Cnnav_Pabs(5, 20) = 0.67$
	$Cnnav_COP(10,20) = 0,84$	$Cnnav_Pabs(10, 20) = 0.78$
	$Cnnav_COP(15, 20) = 0,86$	$Cnnav_Pabs(15, 20) = 0.89$
	$Cnnav_COP(25, 20) = 1$	$Cnnav_Pabs(25, 20) = 1.11$
	$Cnnav_COP(30, 20) = 1$	$Cnnav_Pabs(30, 20) = 1.22$

Tableau 36 : valeurs de $Cnnav$ en ECS pour $\theta_{aval} = 45^{\circ}C$, air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients $Cnnav_Pabs$ et $Cnnav_COP$.

16.6.4.6. Fonctionnement à charge partielle en chauffage

Les PAC air extrait-air extérieur/eau peuvent moduler la puissance soit par des cycles marche/arrêt répétés soit par adaptation linéaire de la vitesse de moteur (valable uniquement au-dessus d'un certain taux de charge). On rapproche ainsi dans le principe la description des performances à charge partielle de celle des algorithmes des PAC à compression électrique et à absorption gaz de la méthode Th-BCE.

Pour les PAC F750/F730 NIBE : le fonctionnement du compresseur est uniquement en mode continu à partir d'un certain taux de charge : $Fonc_compr = 1$.

La consommation à charge partielle résulte des 3 phénomènes :

- 1) la consommation du compresseur lors de la phase de fonctionnement établi, P_{comp} ,
- 2) la consommation équivalente du compresseur résultant des irréversibilités lors des phases d'arrêt - démarrage,
- 3) la consommation des auxiliaires, P_{aux} .

16.6.4.6.1. Fonctionnement en mode continu du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable ($Fonc_compr = 1$) :

$$P_{fou_{LR}} \geq (P_{fou_{pc}} \cdot LR_{contmin})$$

Avec :

$$LR = P_{fou_{LR}} / P_{fou_{pc}}$$

$$P_{fou_{LR}} = \min \{Q_{req_act} ; P_{fou_{pc}}\}$$

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

$$P_{abs} = P_{comp} + P_{aux}$$

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

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

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

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

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

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

On présente la formulation en mode chauffage.

$$COP_{pc_net} = \frac{P_{fou_{pc}}}{P_{comp_pc}} = \frac{COP_{pc} \cdot P_{fou_{pc}}}{P_{fou_{pc}} - COP_{pc} \cdot P_{aux}} \quad (30)$$

$$CCP_{LRcontmin_net} = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp_pc} \cdot CCP_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs_pc} - CCP_{LRcontmin} \cdot P_{aux}} \quad (31)$$

$$P_{comp_pc} = P_{abs_pc} - P_{aux}$$

Envoyer un message d'alerte lorsque :

$$LR_{contmin} * P_{abs_pc} < CCP_{LRcontmin} * P_{aux}$$

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

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

$$COP_{LR_net} = COP_{pc_net} \cdot \left(1 + [CCP_{LRcontmin_net} - 1] \cdot \frac{1 - LR}{1 - LR_{contmin}} \right) \quad (32)$$

$$P_{comp_LR} = \frac{P_{fou_LR}}{COP_{LR_net}} \quad (33)$$

$$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{aux} \quad (34)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \quad (35)$$

16.6.4.6.2. Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement :

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

$$P_{fou_LR} < (P_{fou_pc} * LR_{contmin})$$

Avec :

$$LR_{cycl} = P_{fou_LR} / (P_{fou_pc} * LR_{contmin})$$

$$P_{fou_LR} = \min \{ Q_{req_act} ; P_{fou_pc} \}$$

Et

$$Q_{Req_act} = \frac{Q_{Req(h)}}{Rdim}$$

Le compresseur fonctionne en cycle marche arrêt.

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

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

$$P_{comp_LR} = P_{comp_LRcontmin} \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR}{LR_{contmin}} \right) \quad (36)$$

avec :

$$P_{comp_LRcontmin} = \frac{P_{fou_LRcontmin}}{COP_{LRcontmin_net}}$$

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

3.

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

$$P_{compma_LR} = P_{comp_LRcontmin} \cdot \frac{Deq \cdot (LR_{cycl}) \cdot (1 - LR_{cycl})}{Dfou0} \quad (37)$$

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

Dfou0 est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond simplement au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Le tableau ci-dessous en donne les valeurs.

Inertie	Légère	Très légère
Typologie	ventilo convecteurs; valeur par défaut pour la distribution à eau; plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible	systèmes à air;
Dfou0 en min.	6	2
Typo_emetteur	3	4

Tableau 37 : Valeurs conventionnelle de Dfou0 en minutes pour différents systèmes d'émission

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

$$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{compma-LR} \quad (38)$$

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \quad (39)$$

Ainsi que le COP ou l'EER correspondant.

Remarque : dans le cas général, ni Pabs, ni COP (ni EER) ne sont linéaires. Si Pcompma est négligeable, les pertes sont fonction linéaire de LR (et pas le COP).

16.6.4.6.3. Valeurs déclarées et par défaut

Type de fonctionnement :

- 1) Valeur déclarée, à renseigner par l'utilisateur

Le fonctionnement est un fonctionnement en mode continu du compresseur.

Les valeurs peuvent être :

Statut_Fonctionnement_Ch :

0) Valeur certifiée

1) Valeur justifiée (*0.9)

2) Valeur déclarée (*0.8)

3) Valeur par défaut

Valeur par défaut définies ci-après :

○ LRcontmin de calcul = 0.4

○ CcpLRcontmin de calcul = 1

○ Part de la puissance électrique des auxiliaires :

Paux/Pabs_nom de calcul = 0.02

Deq de calcul = 0.5 mn

Pour Statut_Fonctionnement_Ch = 0), 1) ou 2), on a :

- CCP_{contmin} mesuré A renseigner
- LR_{contmin} mesuré A renseigner

Avec :

- LR_{contmin} de calcul = LR_{contmin} mesuré + 0.05
- Ccp_{LRcontmin} de calcul = 0.9 Ccp_{LRcontmin} mesuré
- Taux = Paux/Pabs_nom A renseigner

Avec : Statut_Taux_Ch :

- 0) Valeur certifiée
- 1) Valeur justifiée (*0.9)
- 2) Valeur déclarée (*0.8)
- 3) Valeur par défaut (0.02)

16.6.4.6.4. Calcul des données de sortie à l'issue du traitement des deux modes (chauffage et ECS)

A l'issue du calcul de chaque mode, avant de passer au mode suivant, on calcule les données de sortie spécifiques à ce mode. Le calcul est décrit pour le mode chauffage, mais il est identique pour le mode ECS :

$$Q_{cef-ch(id_engen)}(h) = P_{abs_LR}(h) \times Rdim \quad (40)$$

$$\eta_{eff,ch}(h) = COP_{LR}(h) \quad (41)$$

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

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

$$\tau_{charge-ch}(h) = LR(h) \quad (44)$$

La quantité d'énergie rejetée représente la quantité d'énergie échangée avec la source amont. Elle est comptabilisée négativement en chauffage et ECS, et positivement en froid. Aussi le calcul diffère selon le mode :

Mode chauffage :

$$\varphi_{rejet,ch}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (45)$$

Mode ECS :

$$\varphi_{rejet,ecs}(h) = MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - P_{fou_LR}) \times Rdim \quad (Wh) \quad (46)$$

16.6.4.6.5. Calcul final des données de sortie pour le générateur

A l'issue du calcul de l'ensemble des modes, les données de sortie globale du générateur sont calculées :

Quantité d'énergie fournie par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{fou}(h) = Q_{fou-ch}(h) + Q_{fou-ecs}(h) \quad (47)$$

Quantité d'énergie consommée par le générateur tous postes confondus :

$$Q_{cons}(h) = \sum_{id_engen} \left(Q_{cef,ch(id-engen)}(h) + Q_{cef,ecs(id-engen)}(h) \right) \quad (48)$$

$$W_{aux,pro}(h) = W_{aux-0} \times Rdim \quad (49)$$

Quantité d'énergie rejetée à la source amont :

La quantité d'énergie rejetée, $\psi_{rejet}(h)$ totale est la somme des quantités d'énergie rejetées dans les différents modes :

$$\varphi_{rejet}(h) = \varphi_{rejet,ch}(h) + \varphi_{rejet,ecs}(h) \quad (Wh) \quad (50)$$

Seuls les rejets en mode chauffage et ECS s'additionnent.

16.7 C_Gen_Source_Amont_NIBE

16.7.1 INTRODUCTION

Cette fiche décrit les auxiliaires amont des machines thermodynamiques dont la source intègre un mélange d'air extérieur et d'air extrait.

Selon la nature des machines thermodynamiques, les normes de détermination des performances intègrent tout ou partie seulement des auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement des machines, voire aucun pour les matériels gaz.

La puissance des systèmes de contrôle commande est prise en compte lors de la mesure des performances. Pour les pompes et les ventilateurs :

- **Machines air / air**
 - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
 - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.

- **Machines air / eau**
 - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
 - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.
 - comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.

Remarque :

Coté utilisation, deux cas se présentent :

- la détermination des COP_{nom} intègre la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires du coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la part nécessaire à la circulation du fluide dans le réseau de distribution.
- la détermination des COP_{nom} n'intègre pas la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la puissance totale nécessaire à la fois à la circulation du fluide dans le réseau de distribution et à vaincre les pertes de charge des échangeurs.

16.7.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 38 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

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

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur.	°C	-50	50	-
Env. ext.	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique de l'air extérieur	Kg/kg as	0	$+\infty$	-
Env.	$id_{Mois}(j)$	Numéro du mois de l'année.	Entier	1	12	-
ET.	$\theta_{et}(h)$	Température de l'espace tampon associé à la source amont.	°C	-50	50	-
Ventil.	$T_{air_extrait}^s(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction du système de ventilation simple flux par extraction ou double flux.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Générateurs	$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge de la machine frigorifique au pas de temps h .	Réel	0	1	-
	$\Phi_{rejet}^{gnr}(h-1)$	Puissance rejetée au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W			
	$\rho_{t,g,prev}$	Masse volumique de l'air extrait du groupe g au pas de temps $h-1$	kg/m ³			
	$Qm_{air_extrait}$	Débit d'air rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s			

Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
	P_{ngen}^{gnr}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur gnr	W	0	$+\infty$	-
	id_{type}^{gnr}	Type du générateur associé à la source amont.	Ent	1	1000	-
Générateur associé	$id_{fluide-amont}$	Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Autre fluide.	Ent	1	3	-
	$id_{amont-air-type}$	Type de source amont air du générateur : 1 : Air extérieur, 3 : Air extrait. 4 : Mélange air extrait/air extérieur	Ent	1	3	-
	P_{vent_gaine}	Machines sur air : partie de la puissance des ventilateurs correspondant aux pertes de charge des conduits dans le cas de machines sur air gainées, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.	°C	0	$+\infty$	-
	$Id_{SF_Extraction}$	Lien vers la VMC Simple Flux Extraction dans l'interface logicielle.				

Qm_{total}^s

Débit total en amont de la PAC en mélange air extrait/air extérieur

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
T_{charge}	Taux de charge des machines frigorifiques	Réel	0	1	-
$\theta_{amont}(h)$	Température amont des générateurs	°C	-50	100	0
$\Phi_{rejet}(h-1)$	Puissance rejetée totale par les générateurs connectés au pas précédent pour les systèmes sur eau de captage : valeur positive en refroidissement et négative en chauffage	W	$-\infty$	$+\infty$	-
$W_{aux,am}$	Consommations électrique des auxiliaires amonts	Wh	0	$+\infty$	-
$Rat_{Phirejet}^{gnr}$	Ratio des puissances rejetées	-	0	1	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C	-50	100	0
$W_{aux,am}^{gnr}$	Consommations électriques des auxiliaires amont d'un générateur <i>gnr</i> .	Wh	0	$+\infty$	-
T_{depart_amont}	Température du fluide (eau, eau glycolée) au départ de la machine vers la source amont	°C	0	$+\infty$	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Valeur
C_v	Chaleur massique de la vapeur d'eau	J/kgK	-	-	1830
C_{pe}	Chaleur massique de l'eau	J/kgK	-	-	4180
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³	-	-	1000
C_a	Chaleur massique de l'air	J/kgK	-	-	1006
H_{fg}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau	J/kgK	-	-	$25 \cdot 10^5$

Tableau 38 : Nomenclature du modèle

16.7.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

16.7.3.1. Calculs des ratios

16.7.3.1.1. Calcul des ratios de puissance nominale (une fois par simulation)

En début de simulation, on calcul les ratios de puissances nominales :

$$\forall gnr \text{ Rat}_{P_{ngen}}^{gnr} = \frac{P_{ngen}^{gnr}}{\sum_{gnr} P_{ngen}^{gnr}} \quad (\text{Wh}) \quad (51)$$

16.7.3.1.2. Calcul des ratios de puissance rejetée (à chaque pas de temps)

Si $\phi_{rejet}(h-1) \neq 0$, on calcule à chaque pas de temps les ratios suivants :

$$\forall gnr \text{ Rat}_{\phi_{rejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (52)$$

16.7.3.2. Calcul de la puissance rejetée totale

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (53)$$

Le lien entre la VMC Simple Flux Extraction et la source amont se fait dans l'interface logicielle, en choisissant l'Id_SF_Extraction.

16.7.3.3. Calcul de la température amont

La première étape de modélisation des sources amont des générateurs thermodynamiques est le calcul de la température amont de fonctionnement. La source utilisée ici est un mélange air extrait - air extérieur.

16.7.3.3.1. Générateurs sur fluide amont mélange air extérieur/air extrait (idfluide-amontgnr=2)

Air extérieur (id_{amont-air-type}^{gnr}=1)

La température amont est celle de l'air extérieur :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (^\circ\text{C}) \quad (54)$$

Air extrait (id_{amont-air-type}^{gnr}=3)

La température amont est la température d'air extrait d'un ou plusieurs groupes du projet au travers d'un système de ventilation simple flux ou double flux.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air_extrait}^s(h) \quad (^\circ\text{C}) \quad (55)$$

Mélange air extérieur/air extrait ($id_{amont-air-type}^{gnr}=4$)

La température amont suivante est utilisée dans le cas où : $-5^\circ\text{C} < \theta_{ext} < 10^\circ\text{C}$.
 La température amont est la température de mélange air extrait et air extérieur.
 La température de l'air extérieur est reprise de la météo conventionnelle.
 La température d'air extrait est reprise de la méthode Th-BCE pour la source air extrait.
 On a donc à chaque pas de temps :

$$\theta_{amont}(h) = ((T_{air_extrait}^s(h) * Qm_{air_extrait}^s) + (\theta_{ext}(h) * (Qm_{total}^s - Qm_{air_extrait}^s))) / Qm_{total}^s$$

$$\text{Avec } Qm_{total}^s = (350/(3600)) * \rho_{i,g,prev} = 0,0972 * \rho_{i,g,prev}$$

La température amont suivante est utilisée dans le cas où : $\theta_{ext} < -5^\circ\text{C}$ et lorsque $\theta_{ext} > 10^\circ\text{C}$.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air_extrait}^s(h) \quad (^\circ\text{C})$$

16.7.3.3.2. Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}(h) \quad (^\circ\text{C}) \quad (56)$$

16.7.3.3.3. Calcul de la consommation d'auxiliaires amonts

Le taux de charge est la moyenne pondérée des taux de charge des générateurs connectés :

$$\tau_{charge} = \sum_{gnr} \tau_{charge}^{gnr} \times Rat_{Pngen}^{gnr} \quad (57)$$

16.7.3.3.4. Générateurs sur fluide amont air ($id_{fluide-amont}^{gnr}=2$)

Les générateurs sur fluide amont air non gainés n'ont pas de consommations d'auxiliaires amont, celles-ci étant comprises dans la performance.

$$W_{aux,am} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (58)$$

Les générateurs sur fluide amont air gainés ont des consommations d'auxiliaires amont correspondant à la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des conduits, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.

$$W_{aux,am} = P_{vent_gainé} \times \tau_{charge} \text{ (Wh)}$$

(59)

$P_{vent_gainé}$ est une donnée à renseigner par l'utilisateur.

Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\phi_{rejet}(h-1) \neq 0 \Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{Phirejet}^{gnr}$$

$$\phi_{rejet}(h-1) = 0 \Rightarrow \forall gnr W_{aux,am}^{gnr} = W_{aux,am} \times Rat_{Pngen}^{gnr}$$

(60)

16.8 C_Dist_Distribution_Intergroupe_Mixte_MTA

16.8.1 INTRODUCTION

Un module thermique d'alimentation (également appelé sous-stations d'alimentation) est un système permettant d'assurer à minima les besoins en eau chaude sanitaire de manière instantanée (par échangeur à plaques) à partir d'un unique réseau primaire. Ce réseau primaire peut également être raccordé au réseau de chauffage du groupe.

Un schéma de principe simplifié d'un réseau contenant des modules thermiques d'appartements est donné ci-dessous.

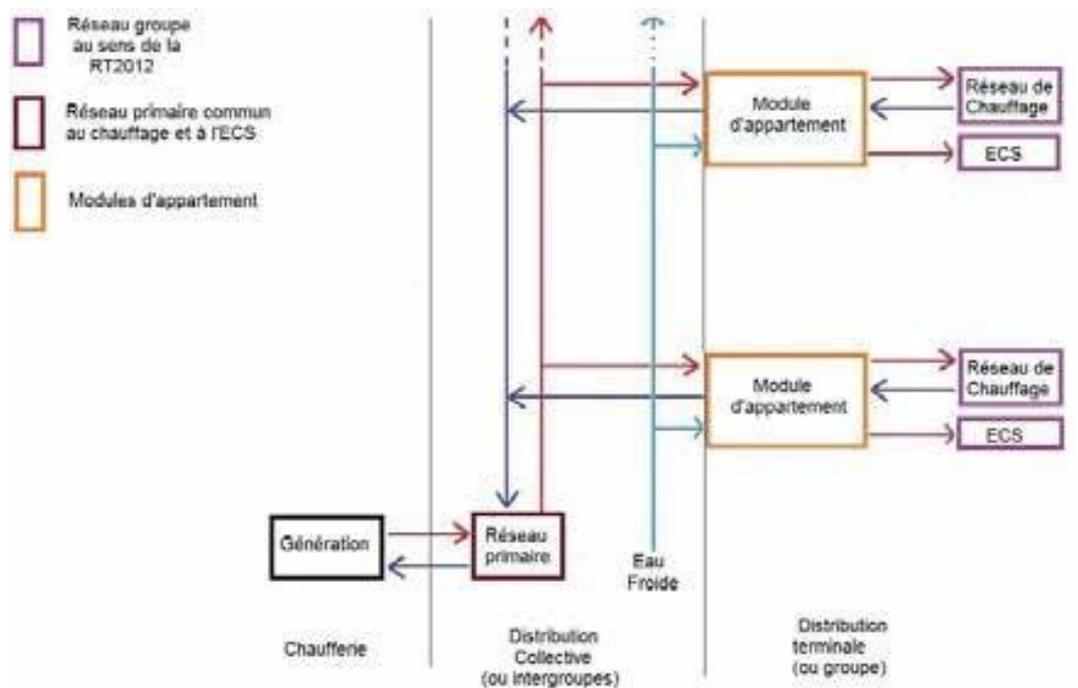


Figure 4 : Schéma de principe d'une distribution contenant des modules d'alimentation

Le principe général de fonctionnement des modules d'alimentation est expliqué de manière simplifiée ci-dessous :

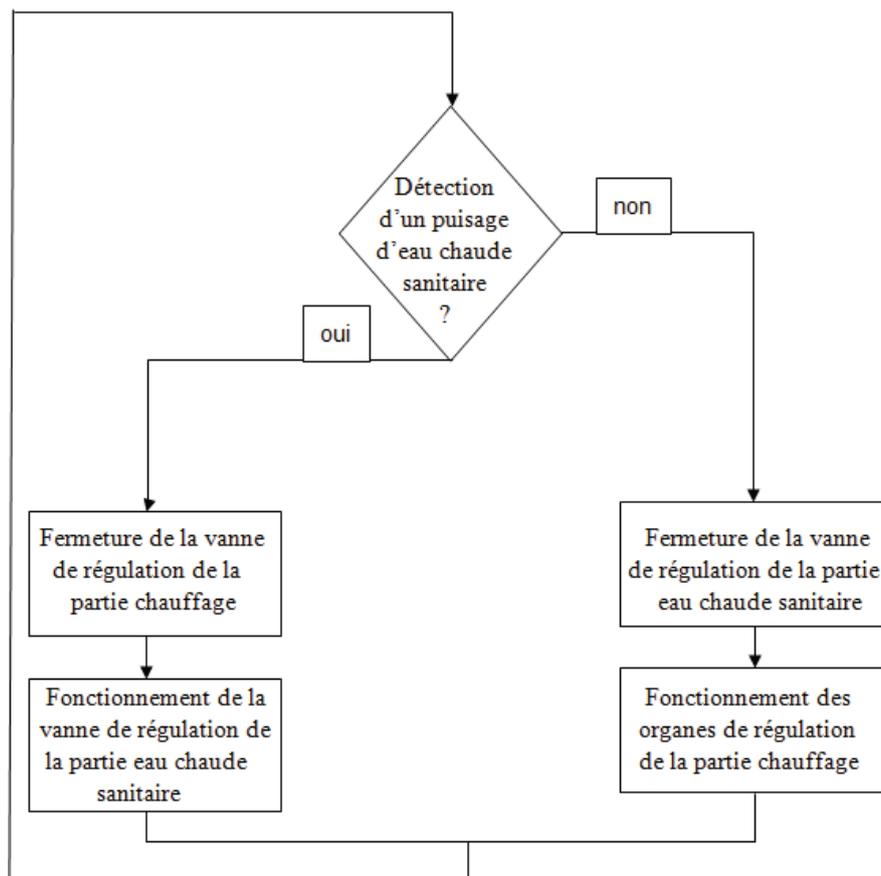


Figure 5 : Logigramme de fonctionnement au niveau du module d'alimentation

Le présent chapitre s'applique aux bâtiments à usage d'habitation collectifs et **maisons individuelles et accolées** équipés d'un module d'alimentation composé a minima :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un raccordement au réseau d'eau froide sanitaire,
- d'un raccordement au réseau de distribution individuelle d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation thermostatique à détection de débit de la température de l'eau chaude sanitaire produite,
- d'un raccordement au réseau primaire (bitube) d'eau chaude.

Elle s'applique aux modules d'appartement permettant d'assurer les besoins :

- soit d'eau chaude sanitaire et de chauffage de manière dite « directe »,
- soit d'eau chaude sanitaire et de chauffage de manière dite « indirecte ».

Les modules d'alimentation mixte chauffage – eau chaude sanitaire devront comporter une liaison au réseau de chauffage de manière directe (= sans échangeur à plaques) ou indirecte (= par échangeur à plaques). La régulation de la partie chauffage ainsi que le circulateur de chauffage pourront être présents sur le module.

16.8.1.1. Configuration n°1 : Les modules Eau chaude sanitaire et chauffage « direct »

Les modules d'alimentation assurant les besoins en eau chaude sanitaire et les besoins en chauffage de manière directe sont composés :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation de la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un des six modes de régulation de la partie chauffage. Ces différents modes sont définis ci-après.

Note : Dans cette configuration, l'eau du réseau primaire est la même que l'eau du réseau de chauffage.

Deux variantes sont possibles pour cette configuration :

- Le maintien ou non en température de l'échangeur à plaques dédié à la production instantanée d'eau chaude sanitaire par circulation permanente d'un débit de fluide primaire,
- Le mode de régulation de la partie chauffage.

Les six modes de régulation de la partie chauffage sont fonction de la présence ou non d'un circulateur :

- si aucun circulateur de chauffage n'est présent sur le module :
 - raccordement direct au réseau de chauffage du groupe (sans organe de régulation),
 - présence d'une vanne à deux voies régulée en tout ou rien,
 - présence d'une vanne à deux voies modulante permettant de réguler le débit dans la partie chauffage du groupe,
- si un circulateur de chauffage (raccordé au réseau groupe) est installé sur le module :
 - présence d'une vanne à deux voies régulée en tout ou rien placée en série d'une vanne à trois voies modulante montée en mélange,
 - présence d'une vanne à trois voies modulante montée en mélange,
 - présence d'un bipasse lisse.

16.8.1.2. Configuration n°2 : Les modules Eau chaude sanitaire et chauffage « indirect »

Les modules d'alimentation assurant les besoins en eau chaude sanitaire et les besoins en chauffage de manière indirecte sont composés :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un échangeur à plaques pour le chauffage,
- d'une régulation de la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation de la partie chauffage sur la partie primaire de l'échangeur à plaques dédiée au chauffage,
- d'un circulateur qui assure la circulation de l'eau de chauffage dans le groupe.

Note : Ce type de module est constitué de trois réseaux distincts : le réseau primaire d'eau chaude, le réseau d'eau de chauffage et le réseau d'eau chaude sanitaire.

Les deux variantes intégrées pour cette configuration sont le maintien ou non en température des échangeurs à plaques par circulation permanente d'un débit de fluide primaire.

16.8.1.3. Le réseau primaire

Indépendamment de la configuration de module d'alimentation retenue, le réseau primaire est composé:

- de longueurs de tubes isolés présents en volume chauffé,
- de longueurs de tubes isolés présents hors volume chauffé,
- d'un circulateur.

L'unique variante pour le réseau primaire consiste en l'installation d'un bipasse thermostatique en sommet de colonne montante afin de maintenir un débit minimal dans le réseau primaire en cas d'arrêt de la circulation de fluide au sein des modules lors des périodes de non-demande.

Note : Les longueurs comprises entre la boucle primaire et les modules d'alimentation font partie intégrante de la boucle primaire.

16.8.2 CONFIGURATION N°1 : LES MODULES ECS ET CHAUFFAGE « DIRECT »

16.8.2.1. Nomenclature du modèle

Un unique modèle de module thermique d'alimentation doit être commun à chaque groupe. Un même groupe peut contenir plusieurs modules mais de même nature.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
T. Ei	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
Em-φ	$A^{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m ²			
	$Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
	q_{eff}^{ds}	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage	m ³ /h			
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température de départ du réseau du groupe ds, pour le chauffage	°C			
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température de retour du réseau du groupe ds, pour le chauffage	°C			
	$Q_{sys_ch}^{ds}$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage	Wh			
	Mod_{pertes}^{ds}	Coefficient de modulation des pertes du réseau des groupes	Réel	0	1	
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

$idfonction$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : 2 : ECS et chauffage direct, 3 : ECS et chauffage indirect.		2	3	
$\delta_{M_ech_ECS_ter}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS : 0 : pas de maintien en température 1 : maintien en température	-	0	1	
id_{circ}	Mode de régulation du régulateur : 0 : Pas de circulateur, 1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle, 3 Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau	-	0	3	
$Id_Position$	Position du module dans le local : 0 : Hors volume chauffé 1 : Dans volume chauffé	-	0	1	
a	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur ECS	1/W.K	$-\infty$	$+\infty$	
b	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur ECS	1/K	$-\infty$	$+\infty$	
c	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur ECS	W/K	$-\infty$	$+\infty$	
$\theta_{in_prim_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>5 0		
$Q_{maintien_échan_geur_ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m ³ /h			
Nb_{mod}	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-			
$\theta_{out_prim_mainti_en_échangeur_ECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C			
$\epsilon_{p_{iso_ech_ECS}}$	Epaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m			
$\lambda_{iso_ech_ECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/mK			
U_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/mK			
L_{ECS}	Longueur des tubes ECS dans un module	m			
U_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/mK			
L_{mixte}	Longueur des tubes mixtes dans un module	m			
$U_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/mK			
$L_{chauffage}$	Longueur des tubes chauffage dans un module	m			
R_{module}	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'alimentation	m ² K/W			
P_{aux_fct}	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W			

$P_{aux_arrêt}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W			
q_{resid}	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m ³ /h			
q_{nom}	Débit nominal du réseau intergroupes	m ³ /h			
$\delta_{prod_ECS_CH}$	Indicateur de production simultanée d'ECS et de chauffage : 0 : production alternée 1 : production simultanée	Réel			
$\Delta_{reseau_mixte_maintien_température}$	Chute de température lors du maintien en température du réseau mixte hors utilisation des MTA	Réel	0	+∞	5
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	
$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau	Réel	0	1	
$\theta_{in_prim}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes	°C			
$\theta_{out_prim}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes	°C			
$Q_{totale}(h)$	Energie requise en entrée du réseau intergroupes	Wh			
$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations des pompes du réseau intergroupes	Réel			
Variables internes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
q_{ECS}	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m ³ /h			
$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W			
θ_{2nd-e}	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C			
$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
$UA_{HX_ECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation	W/K			
$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K			
$\Delta T_e(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
$\Delta T_s(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
$\theta_{in_prim_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$\theta_{out_prim_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS	°C			

$q_{prim_ECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m ³ /h			
$Q_{prim_ECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh			
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h			
$q_{prim_statique_ECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m ³ /h			
$\theta_{out_prim_statique_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in_prim_statique_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim_statique_ECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$Temps_{statique_e}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h			
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
$R_{éch_ECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur	m ² K/W			
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
$H_{éch_ECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K			
H_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/K			
H_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/K			
$H_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/K			
H_{module}	Coefficient de déperditions de l'enveloppe externe du module	W/K			
S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh			
$\Phi_{module_ECS}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh			
$\Phi_{module_statique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique	Wh			
$\Phi_{module_CH}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement chauffage	Wh			
$\theta_{moy_ECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C			
$\theta_{amb}(h)$	Température de volume ambiant	°C			20
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
$\theta_{moy_statique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			

$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupe sur un pas de temps	m ³ /h			
$\theta_{out_prim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	°C			
$C_{auxgéné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh			
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommations des auxiliaires des générations d'un module	Wh			
$\Phi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh			
$\Phi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh			
$q_{nom_ch}^{ds}$	Débit nominal de chauffage des groupes	m ³ /h			
$q_{prim_chauffage}(h)$	Débit de chauffage requis au primaire de tous les modules en fonctionnement chauffage	m ³ /h			
$Temps_{ECS_CH}(h)$	Temps de couverture simultané des besoins ECS et chauffage	h			
$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins chauffage	h			
$Temps_{ECS_seule}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS seuls	h			
$Temps_{CH_seul}(h)$	Temps de couverture des besoins de chauffage seuls	h			
Constantes					
Nom	Description	Unité			Conv
q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
Cp_{eau}	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m ³ /K			1,16
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³			1000

16.8.2.2. Description du module

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir qu'un composant du groupe (chauffage ou ECS) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis ou à la température de consigne minimale de la génération,

- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis, plus le débit requis pour couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation,
- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis, y compris les débits permettant de couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation.

16.8.2.3. Description mathématique

Cette partie établit pour chaque module d'alimentation Eau chaude sanitaire & Chauffage direct :

- Les pertes thermiques du module, c'est-à-dire l'énergie perdue dans le volume chauffé et le volume non chauffé,
- Les températures d'entrée et de sortie du module au primaire et secondaire,
- Les débits du module au primaire et au secondaire,
- Les consommations des auxiliaires,
- Les besoins en énergie thermique majorés des pertes du module.

16.8.2.3.1. Modules d'alimentation eau chaude sanitaire & chauffage direct

Cette fiche algorithme décrit le modèle des modules d'alimentation en fonctionnement Eau chaude sanitaire & chauffage direct. Ces modules sont reliés :

- En amont à un réseau de distribution primaire,
- En aval à un ou plusieurs systèmes d'émission internes au groupe, définis au niveau du groupe.

Les caractéristiques principales des modules d'alimentation sont :

- Ses pertes (en W/K dont une partie seulement est récupérable par l'ambiance),
- Ses régimes de fonctionnement (températures et débits),
- Ses consommations d'auxiliaires.

16.8.2.3.2. Principe et définition

Un module d'alimentation est obligatoirement relié :

- En aval, à une émission hydraulique d'un groupe,
- En amont à un réseau de distribution primaire.

16.8.2.3.3. Calculs des indicateurs du module d'alimentation

Caractérisation

Tous les modules décrits dans cette fiche algorithmique couvrent les besoins en chauffage et en ECS des groupes auxquels ils sont raccordés :

$$id_{fonction} = 2 \quad (61)$$

L'échangeur ECS peut être maintenu en température ou non :

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M_ech_ECS_temp} = 1 \quad (62)$$

Sinon,

$$\delta_{M_ech_ECS_temp} = 0 \quad (63)$$

La production de chauffage et d'ECS peut être alternée ou simultanée :
Si la production de chauffage et d'ECS est simultanée, alors

$$\delta_{prod_ECS_CH} = 1 \quad (64)$$

Sinon

$$\delta_{prod_ECS_CH} = 0 \quad (65)$$

Fonctionnement

Le module d'alimentation, en fonction de sa conception, peut fonctionner :

- Tout le temps (débit minimal de maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire),
- Uniquement en cas de soutirage ECS ou en cas de demande chauffage.

La différence par rapport au module de production ECS seul réside dans les algorithmes complémentaires dédiés au chauffage.

La priorité est toujours donnée à l'eau chaude sanitaire, mais deux types de régulations existent :

- ECS et chauffage en alternance (présence de vanne(s) à deux voies permettant de stopper le débit vers la partie chauffage lors de soutirage d'eau chaude sanitaire),
- ECS et chauffage en simultané (pas de vannes à deux voies tout ou rien sur la partie chauffage du module).

16.8.2.3.4. Couverture des besoins ECS

Le débit de puisage ECS est fixé par module forfaitairement à 12 l/min :

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (66)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (67)$$

La somme des puissances des échangeurs à plaques de chaque module fournie à l'eau sanitaire est définie de la manière suivante :

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (68)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (69)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (70)$$

Si $P_{ECS}(h) > 0$, nous avons le modèle suivant :

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_ECS} de l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire peut être calculé :

$$UA_{HX_ECS}^{mod}(h) = a \times \left(P_{ECS}^{mod}(h)\right)^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (71)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60
720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.

- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - $a_def = -9,5502 \text{ E } -07$ (1/W.K)
 - $b_def = 0,07943663$ (1/K)
 - $c_def = - 407,54714$ (W/K)
 -

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HX_{ECS}}^{mod}(h)} \quad (72)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (73)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out_prim_ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (74)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out_prim_ECS}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton:

$$Initialisation : \Delta T_s = 50 \quad (75)$$

$$Initialisation DTLM = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX_{ECS}}^{mod}} \quad (76)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (77)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors :

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \quad (78)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (79)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out_prim_ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (80)$$

Cependant, Si $P_{ECS}(h) = 0$, nous avons les équations suivantes :

$$\theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (81)$$

$$\theta_{out_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) - 5 \quad (82)$$

$$UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h) = 0 \quad (83)$$

$$\Delta T_s = 0 \quad (84)$$

Le débit au primaire des échangeurs Eau chaude sanitaire de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim_ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{out_prim_ECS}(h))} \quad (85)$$

L'énergie à fournir au primaire de tous les modules est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim_ECS}(h) \times (\theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{out_prim_ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (86)$$

Avec :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (87)$$

Si $Temps_{ECS}(h) > 1$, le moteur renvoie une erreur indiquant que la période est supérieure à 1 heure.

16.8.2.3.5. Couverture des besoins en chauffage

Le chauffage est réalisé de manière directe, ce qui veut dire que l'on récupère du groupe les données suivantes :

- Température de départ vers les émetteurs,
- Température de retour des émetteurs,
- Débit circulant dans les émetteurs.

L'algorithme ici présenté permet de calculer :

- La température de retour sur le réseau chauffage interne au module,
- Le débit de chauffage (côté primaire) requis par le module.

Plusieurs configurations de chauffage sont disponibles :

- Chauffage direct à débit constant dans les émetteurs et le module avec ou sans V2V tout ou rien,
- Chauffage direct à débit constant dans les émetteurs avec bipasse et débit variable dans le module (avec ou sans vanne à deux voies « tout ou rien » présente en amont du bipasse ou V3V avec circulateur),
- Chauffage direct à débit variable dans les émetteurs et le module avec V2V modulante.

La température de départ du réseau intergroupes est constante en mode chauffage et est définie par :

$$\theta_{in_prim_ch}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (88)$$

Le débit du réseau intergroupes est défini par :

$$q_{prim_ch}(h) = \sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \frac{(\theta_{dep}^{ds}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h))}{(\theta_{in_prim_ch}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h))} \quad (89)$$

La température du réseau intergroupes est définie par :

$$\theta_{out_prim_ch}(h) = \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (90)$$

Le besoin en chauffage à couvrir par le réseau intergroupe est :

$$Q_{prim_ch}(h) = \sum_{ds} Q_{sys_ch}^{ds}(h) \quad (91)$$

16.8.2.3.6. Couverture des pertes statiques

Dans le cas où l'échangeur ECS du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim_statique_ECS}(h) = q_{maintien_echangeur_ECS} \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \times Nb_{mod} \quad (92)$$

La température de retour est aussi à saisir par l'utilisateur.

Si $\delta_{M_ech_ECS_temp} = 1$, alors :

$$\theta_{out_prim_statique_ECS}(h) = \theta_{out_prim_maintien_echangeur_ECS} \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \quad (93)$$

Sinon :

$$\begin{aligned} \theta_{out_prim_statique_ECS}(h) \\ = \theta_{in_prim_statique_ECS}(h) - \Delta_{reseau_mixte_maintien_temperature} \end{aligned} \quad (94)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages d'eau chaude sanitaire :

$$\theta_{in_prim_statique_ECS}(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (95)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim_statique_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim_statique_ECS}(h) \times (\theta_{in_prim_statique_ECS}(h) - \theta_{out_prim_statique_ECS}(h)) \times Nb_{mod} \times Temps_{statique}(h) \quad (96)$$

$$Temps_{statique}(h) = 1 - Temps_{ECS}(h) \quad (97)$$

16.8.2.3.7. Pertes thermiques

Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{éch} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (98)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($hc = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{éch_ECS} = \frac{\epsilon p_{iso_éch_ECS}}{\lambda_{iso_éch_ECS}} \quad (99)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (100)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{éch_ECS} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch_ECS})} \quad (101)$$

Tubes primaires mixtes (communs au chauffage et à l'eau chaude sanitaire)

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module avant les dérivations vers l'échangeur Eau chaude sanitaire et vers le réseau de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{mixte} et leur coefficient de déperdition thermique U_{mixte} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température. Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{mixte}) est défini par :

$$H_{mixte} = U_{mixte} \times L_{mixte} \quad (102)$$

Tubes primaires usage ECS

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module côté primaire de l'échangeur Eau chaude sanitaire. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{ECS} et leur coefficient de déperdition thermique U_{ECS} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{ECS}) est défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (103)$$

Tubes primaires usage chauffage

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module après la dérivation vers le réseau de chauffage raccordé au module et affectés à l'usage de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur $L_{chauffage}$ et leur coefficient de déperdition thermique $U_{chauffage}$ (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté $H_{chauffage}$) est défini par :

$$H_{chauffage} = U_{chauffage} \times L_{chauffage} \quad (104)$$

Enveloppe du module d'alimentation

Le module d'alimentation est caractérisé par ses déperditions thermiques vers le volume chauffé ou non chauffé, elles-mêmes dépendantes de la présence ou non d'isolant sous le capot du module d'alimentation.

Le coefficient de déperdition du module d'alimentation (en W/K) est fonction de sa surface d'échange avec l'extérieur (S_{module}) et des caractéristiques de son isolant (R_{module}) : il est noté H_{module} .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (105)$$

Avec :

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$. L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.
- R_{module} : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
- $S_{module} = 0,8 \text{ m}^2$ (valeur conventionnelle).

16.8.2.3.8. Temps de fonctionnement dans chaque mode

Mode ECS

Le temps de fonctionnement de l'échangeur d'un module équivalent est défini comme suit :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{w,2nd-e,ds-e}(h)}{P_{ECS}(h)} \quad (106)$$

Avec BECS le besoin d'ECS calculé par le moteur de calcul sur le groupe augmenté des pertes de distribution individuelle.

S'il n'y a pas de besoin ECS à couvrir, alors :

$$Temps_{ECS}(h) = 0 \quad (107)$$

Mode Chauffage et ECS

Cas de la production simultanée de chauffage et d'ECS : $\delta_{prod_ECS_CH} = 1$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} \quad (108)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (109)$$

On introduit donc une mesure de temps « mixte » pendant laquelle ont lieu des puisages d'ECS et une couverture des besoins de chauffage (production simultanée) :

$$Temps_{ECS_CH}(h) = \min(Temps_{ECS}(h); Temps_{CH}(h)) \quad (110)$$

Cas de la production alternée de chauffage et d'ECS : $\delta_{prod_ECS_CH} = 0$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} - Temps_{ECS}(h) \quad (111)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (112)$$

On a aussi :

$$Temps_{ECS_CH}(h) = 0 \quad (113)$$

Mode statique

Afin de rendre compte au mieux du fonctionnement « séquentiel » du module d'alimentation, il convient d'introduire trois autres mesures de temps.

Le temps de fonctionnement « mixte » ayant déjà été introduit, trois autres mesures de temps sont introduites :

- Temps de production d'ECS seule,

- Temps de production de chauffage seul,
- Temps « statique ».

$$\begin{aligned}
\text{Temps}_{ECS_seule}(h) &= \max(0; \text{Temps}_{ECS}(h) - \text{Temps}_{ECS_CH}(h)) \\
\text{Temps}_{CH_seul}(h) &= \max(0; \text{Temps}_{CH}(h) - \text{Temps}_{ECS_CH}(h)) \\
\text{Temps}_{statique}(h) &= \max(0; 1 - \text{Temps}_{ECS_CH}(h) - \text{Temps}_{ECS}(h) - \text{Temps}_{CH}(h))
\end{aligned} \tag{114}$$

16.8.2.3.9. Pertes thermiques du module sur une heure

Les pertes thermiques du module sont définies par la somme des pertes thermiques en fonctionnement et en mode statique :

$$\begin{aligned}
\phi_{module}(h) &= \phi_{module_CH_seul}(h) + \phi_{module_ECS_seule}(h) + \phi_{module_ECS_CH}(h) \\
&+ \phi_{module_statique}(h)
\end{aligned} \tag{115}$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \tag{116}$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \tag{117}$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \tag{118}$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \tag{119}$$

Pertes thermiques en fonctionnement chauffage et ECS

En fonctionnement chauffage et ECS l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_prim_ECS}(h) + \theta_{out_prim_ECS}(h)}{2} \tag{120}$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_CH}(h) = \frac{\theta_{in_prim_CH}(h) + \theta_{out_prim_CH}(h)}{2} \tag{121}$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy_mixte_ECS_CH}(h) = \text{MAX}(\theta_{moy_ECS}(h); \theta_{moy_CH}(h)) \tag{122}$$

Les déperditions du module en fonctionnement chauffage et eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\begin{aligned}
&\phi_{module_ECS_CH} \\
&= Nb_{mod} \times \text{Temps}_{ECS_CH} \\
&\times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_mixte_ECS_CH} - \theta_{amb}) + H_{chauffage} \times (\theta_{moy_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})}
\end{aligned} \tag{123}$$

Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule

Lors de puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à la température moyenne de l'eau primaire circulant dans le module :

$$\theta_{moy_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_prim_ECS}(h) + \theta_{out_prim_ECS}(h)}{2} \quad (124)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy_mixte_ECS}(h) = \theta_{moy_ECS}(h) \quad (125)$$

Les déperditions du module lors de puisages d'eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\phi_{module_ECS} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS_seule} \times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_mixte_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})} \quad (126)$$

Pertes thermiques en fonctionnement chauffage seul

En fonctionnement chauffage seul, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur est maintenu en température :

$$\theta_{moy_statique_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_statique_prim_ECS}(h) + \theta_{out_statique_prim_ECS}(h)}{2} \quad (127)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_CH}(h) = \frac{\theta_{in_prim_CH}(h) + \theta_{out_prim_CH}(h)}{2} \quad (128)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy_mixte_ECS_CH}(h) = MAX(\theta_{moy_ECS}(h); \theta_{moy_CH}(h)) \quad (129)$$

Les déperditions du module en mode chauffage uniquement sont donc :

$$\phi_{module_CH} = Nb_{mod} \times Temps_{CH_seul} \times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \times (\theta_{moy_statique_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_mixte_CH} - \theta_{amb}) + H_{CH} \times (\theta_{moy_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M_ech_ECS_temp} + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech_CH}))} \quad (130)$$

Pertes thermiques du module en mode statique

En mode statique, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur est maintenu en température :

$$\theta_{moy_statique_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_statique_prim_ECS}(h) + \theta_{out_statique_prim_ECS}(h)}{2} \quad (131)$$

Les tubes chauffage sont supposés non maintenus en température.
Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy_statique_mixte}(h) = \theta_{moy_statique_ECS}(h) \quad (132)$$

Les déperditions du module en fonctionnement statique sont donc :

- Si l'échangeur est maintenu en température :
-

$$\begin{aligned} \phi_{module_statique} &= Nb_{mod} \times Temps_{statique} \\ &\times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \times (\theta_{moy_statique_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_mixte_statique} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M_ech_ECS_temp} + H_{mixte})} \end{aligned} \quad (133)$$

- Si l'échangeur n'est pas maintenu en température :
-

$$\theta_{module_statique}(h) = 0 \quad (134)$$

16.8.2.3.10. Calcul des besoins en énergie sur une heure

Les besoins en énergie à couvrir, par le module, augmentés des pertes sont évalués par la formule suivante :

$$Q_{totale}(h) = \theta_{prim_ECS}(h) + Q_{prim_CH}(h) + Q_{prim_statique_ECS}(h) + \phi_{module}(h) \quad (135)$$

Cette énergie est à fournir par le réseau primaire au groupe.

16.8.2.3.11. Débit d'irrigation moyen sur une heure

Le débit moyen entrant dans le module sur un pas de temps d'une heure est défini par la formule suivante :

$$\begin{aligned} q_{moyen}(h) &= MAX((q_{prim_ECS}(h) + q_{prim_CH}(h)) \times Temps_{ECS_CH} + q_{prim_ECS}(h) \\ &\times Temps_{ECS_seule} + (q_{prim_statique_ECS}(h) + q_{prim_CH}(h)) \\ &\times Temps_{CH_seul} + (q_{prim_statique_ECS}(h) + q_{prim_statique_CH}(h)) \\ &\times Temps_{statique}; q_{resid}) \end{aligned} \quad (136)$$

16.8.2.3.12. Calcul de la température de retour moyenne sur une heure

La température de retour moyenne sortant du module équivalent sur un pas de temps d'une heure est définie par la formule suivante :

$$\begin{aligned} \theta_{out_prim}^{mod_EQ} &= \frac{q_{prim_ECS}^{mod_EQ} \times \theta_{out_prim_ECS}^{mod_EQ} + q_{prim_chauffage}^{mod_EQ} \times \theta_{out_prim_ch}^{mod_EQ} + q_{prim_statique_ECS}^{mod_EQ} \times \theta_{out_prim_statique_ECS}^{mod_EQ}}{q_{prim_ECS}^{mod_EQ} + q_{prim_chauffage}^{mod_EQ} + q_{prim_statique_ECS}^{mod_EQ}} \end{aligned} \quad (137)$$

16.8.2.3.13. Auxiliaires de génération

Les circulateurs inclus dans les modules d'alimentation seront à saisir dans le groupe.

Les auxiliaires de génération de type cartes électroniques seront à renseigner par l'utilisateur. On distinguera les consommations à l'arrêt des consommations en fonctionnement.

Les consommations de ces auxiliaires sont données sur chaque pas de temps par la formule suivante :

$$C_{aux_géné}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux_géné}^{mod}(h) \quad (138)$$

Avec :

$$C_{aux_géné}^{mod}(h) = P_{aux_fct} \times (Temps_{ECS_CH}(h) + Temps_{ECS_seule}(h) + Temps_{CH_seul}(h)) + P_{aux_arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (139)$$

16.8.2.3.14. Pertes transmises à l'ambiance

On suppose conventionnellement que si les modules sont hors volume chauffé alors aucune part d'énergie perdue par les modules n'est récupérable.

Si les modules sont en volume chauffé, alors on considère que 50% des pertes sont récupérables :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (140)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}(h) + C_{aux_géné}^{mod}(h)) \quad (141)$$

16.8.2.3.15. Mode de gestion du réseau et des circulateurs de distribution intergroupe mixte

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) = 1 \quad (142)$$

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable, avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

- Si $idcirc = 0$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (143)$$

- Si $idcirc = 1$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (144)$$

- Si $idcirc = 2$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (145)$$

- Si $idcirc = 3$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (146)$$

16.8.3 CONFIGURATION N°2 : MODULES ECS ET CHAUFFAGE INDIRECT

16.8.3.1. Nomenclature du modèle

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
E.T.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
EM-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m ²			
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
	q_{eff}^{ds}	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage	m ³ /h			
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température de départ du réseau du groupe ds, pour le chauffage	°C			
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température de retour du réseau du groupe ds, pour le chauffage	°C			
	$Q_{sys_ch}^{ds}$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage	Wh			
	Mod_{pertes}^{ds}	Coefficient de modulation des pertes du réseau des groupes	Réel	0	1	
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$idfonction$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : 2 : ECS et chauffage direct, 3 : ECS et chauffage indirect.		2	3	3
	$\delta_{M_ech_ECS_ter}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS :	-	0	1	

		0 : Pas de maintien en température, 1 : maintien en température,				
	id_{circ}	Mode de régulation du régulateur : 0 : Pas de circulateur, 1 : Vitesse constante, 2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle 3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau	-	0	3	
	$Id_Position$	Position du module dans le local : 0 : Hors volume chauffé 1 : Dans volume chauffé	-	0	1	
	a	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur ECS	1/W.K	$-\infty$	$+\infty$	
	b	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur ECS	1/K	$-\infty$	$+\infty$	
	c	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur ECS	W/K	$-\infty$	$+\infty$	
	a_CH	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur de chauffage	1/W.K	$-\infty$	$+\infty$	
	b_CH	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur de chauffage	1/K	$-\infty$	$+\infty$	
	c_CH	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur de chauffage	W/K	$-\infty$	$+\infty$	
	$\theta_{in_prim_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>5 0		
	$Q_{maintien_échan\ géur_ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m ³ /h			
	$Q_{maintien_échan\ géur_Chauffage}$	Débit de maintien en température d'un échangeur chauffage	m ³ /h			
	Nb_{mod}	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-			
	$\theta_{out_prim_mainti\ en_échangeur_ECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C			
	$\theta_{out_prim_mainti\ en_échangeur_CH}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur chauffage	°C			
	$\acute{e}p_{iso_ech_ECS}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m			
	$\lambda_{iso_ech_ECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	W/mK			
	$\acute{e}p_{iso_ech_CH}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur chauffage	m			
	$\lambda_{iso_ech_CH}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur chauffage	W/mK			
	U_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/mK			
	L_{ECS}	Longueur des tubes ECS dans un module	m			

U_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/mK			
L_{mixte}	Longueur des tubes mixtes dans un module	m			
$U_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/mK			
$L_{chauffage}$	Longueur des tubes chauffage dans un module	m			
R_{module}	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'alimentation	m ² K/W			
P_{aux_fct}	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W			
P_{aux_arret}	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W			
q_{resid}	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m ³ /h			
q_{nom}	Débit nominal du réseau intergroupes	m ³ /h			
$\delta_{prod_ECS_CH}$	Indicateur de production simultanée d'ECS et de chauffage : 0 : <i>production alternée</i> 1 : <i>production simultanée</i>	Réel			
$\Delta_{reseau_mixte_maintien_temp\grave{e}rature}$	Chute de température lors du maintien en température du réseau mixte hors utilisation des MTA	Réel	0	+∞	5
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	
$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau	Réel	0	1	
$\theta_{in_prim}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes	°C			
$\theta_{out_prim}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes	°C			
$Q_{totale}(h)$	Energie requise en entrée du réseau intergroupes	Wh			
$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations des pompes du réseau intergroupes	Réel			
Variables internes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
q^{mod}_{ECS}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
q_{ECS}	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m ³ /h			
$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W			
θ_{2nd-e}	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C			
$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
$UA_{HX_ECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation	W/K			

$P_{CH}^{mod}(h)$	Puissance de chauffage pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
$UA_{HX_CH}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation en chauffage	W/K			
$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K			
$\Delta T_e(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
$\Delta T_s(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
$\theta_{in_prim_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$\theta_{out_prim_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$q_{prim_ECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m ³ /h			
$Q_{prim_ECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh			
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h			
$Temps_{statique_e_ECS}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs ECS	h			
$q_{prim_statique_ECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m ³ /h			
$\theta_{out_prim_statique_e_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in_prim_statique_e_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim_statique_ECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$\theta_{in_prim_CH}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques CH	°C			
$\theta_{out_prim_CH}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques CH	°C			
$q_{prim_CH}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage CH	m ³ /h			
$Q_{prim_CH}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins CH	Wh			
$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins CH	h			
$Temps_{statique_e_CH}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs CH	h			
$q_{prim_statique_CH}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs CH raccordés au réseau intergroupes	m ³ /h			

$\theta_{out_prim_statique_CH}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques CH lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in_prim_statique_CH}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim_statique_CH}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$T_{emps_statique_e}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h			
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
$R_{éch_ECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur ECS	m ² K/W			
$R_{éch_CH}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur chauffage	m ² K/W			
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
$H_{éch_ECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K			
$H_{éch_CH}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur chauffage	W/K			
H_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/K			
H_{mixte}	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/K			
$H_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/K			
H_{module}	Coefficient de déperditions de l'enveloppe externe du module	W/K			
S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh			
$\Phi_{module_ECS_seul}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh			
$\Phi_{module_CH_seul}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement chauffage	Wh			
$\Phi_{module_ECS_CH}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement mixte	Wh			
$\Phi_{module_statique_ue}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique en fonctionnement ECS	Wh			
$\theta_{moy_ECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C			
$\theta_{amb}(h)$	Température de volume ambiant	°C			
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
$\theta_{moy_statique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupe sur un pas de temps	m ³ /h			
$\theta_{out_prim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	°C			

	$C_{aux_géné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh			
	$C_{aux_géné}^{mod}(h)$	Consommations des auxiliaires des générations d'un module	Wh			
	$\Phi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh			
	$\Phi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh			
	$q_{nom_ch}^{ds}$	Débit nominal de chauffage des groupes	m ³ /h			
	$q_{prim_chauffage}(h)$	Débit de chauffage requis au primaire de tous les modules en fonctionnement chauffage	m ³ /h			
	$Temps_{ECS_CH}(h)$	Temps de couverture simultané des besoins ECS et chauffage	h			
	$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins chauffage	h			
	$Temps_{ECS_seule}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS seuls	h			
	$Temps_{CH_seul}(h)$	Temps de couverture des besoins de chauffage seuls	h			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
	$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
	R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
	S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	Cp_{eau}	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m ³ /K			1,16
	ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³			1000

16.8.3.2. Description du module

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir qu'un composant du groupe (chauffage ou ECS) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis ou à la température de consigne minimale de la génération,

- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis, plus le débit requis pour couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation,
- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis, y compris les débits permettant de couvrir les besoins d'ECS et de chauffage au niveau des modules d'alimentation.

16.8.3.3. Description mathématique

Cette partie établit pour chaque module d'alimentation Eau chaude sanitaire & Chauffage indirect :

- Les pertes thermiques du module, c'est-à-dire l'énergie perdue dans le volume chauffé et le volume non chauffé,
- Les températures d'entrée et de sortie du module au primaire et secondaire,
- Les débits du module au primaire et au secondaire,
- Les consommations des auxiliaires,
- Les besoins en énergie thermique majorés des pertes du module.

16.8.3.3.1. Modules d'alimentation eau chaude sanitaire & chauffage indirect

Cette fiche algorithmique décrit le modèle des modules d'alimentation en fonctionnement Eau chaude sanitaire & chauffage indirect. Ces modules sont reliés :

- En amont à un réseau de distribution primaire,
- En aval à un ou plusieurs systèmes d'émission internes au groupe, définis au niveau du groupe.

Les caractéristiques principales des modules d'alimentation sont :

- Ses pertes (en W/K dont une partie seulement est récupérable par l'ambiance),
- Ses régimes de fonctionnement (températures et débits),
- Ses consommations d'auxiliaires.

16.8.3.3.2. Principe et définition

Un module d'alimentation est obligatoirement relié :

- En aval, à une émission hydraulique d'un groupe,
- En amont à un réseau de distribution primaire.

16.8.3.3.3. Calculs des indicateurs du module d'alimentation

Caractérisation

Tous les modules décrits dans cette fiche algorithmique couvrent les besoins en chauffage et en ECS des groupes auxquels ils sont raccordés :

$$id_{fonction} = 3 \quad (147)$$

L'échangeur ECS peut être maintenu en température ou non :
Si l'échangeur ECS est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M_ech_ECS_temp} = 1 \quad (148)$$

Sinon,

$$\delta_{M_ech_ECS_temp} = 0 \quad (149)$$

L'échangeur Chauffage peut être maintenu en température ou non :
Si l'échangeur Chauffage est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M_ech_CH_temp} = 1 \quad (150)$$

Sinon,

$$\delta_{M_ech_CH_temp} = 0 \quad (151)$$

La production de chauffage et d'ECS peut être alternée ou simultanée :
Si la production de chauffage et d'ECS est simultanée, alors

$$\delta_{prod_ECS_CH} = 1 \quad (152)$$

Sinon

$$\delta_{prod_ECS_CH} = 0 \quad (153)$$

Fonctionnement

Le module d'alimentation, en fonction de sa conception, peut fonctionner :

- Tout le temps (débit minimal de maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire),
- Uniquement en cas de soutirage ECS ou en cas de demande chauffage.

La différence par rapport au module de production ECS & chauffage direct réside dans les algorithmes complémentaires dédiés au chauffage réalisé par un échangeur à plaques.

La priorité est toujours donnée à l'eau chaude sanitaire, mais deux types de régulations existent :

- ECS et chauffage en alternance (présence de vanne(s) à deux voies permettant de stopper le débit vers la partie chauffage lors de soutirage d'eau chaude sanitaire),
- ECS et chauffage en simultané (pas de vannes à deux voies tout ou rien sur la partie chauffage du module module).

16.8.3.3.4. Couverture des besoins ECS

Le débit de puisage ECS est fixé par module forfaitairement à 12 l/min :

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (154)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (155)$$

La somme des puissances fournies des échangeurs à plaques de chaque module à l'eau sanitaire est définie de la manière suivante :

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (156)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (157)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (158)$$

Si $P_{ECS}(h) > 0$, nous avons le modèle suivant :

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_ECS} de l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire peut être calculé :

$$UA_{HX_ECS}^{mod}(h) = a \times (P_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (159)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :
-

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60
720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80

720	10	55	90
-----	----	----	----

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - a_def = -9,5502 E -07 (1/W.K)
 - b_def = 0,07943663 (1/K)
 - c_def = - 407,54714 (W/K)

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h)} \quad (160)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (161)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out_prim_ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (162)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out_prim_ECS}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton :

$$Initialisation : \Delta T_s = 50 \quad (163)$$

$$Initialisation DTLM = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX_{ECS}}^{mod}} \quad (164)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (165)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors : (166)

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \cdot \frac{1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2} \quad (167)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (167)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.
On en déduit :

$$\theta_{out_prim_ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (168)$$

Cependant, Si $P_{ECS}(h) = 0$, nous avons les équations suivantes :

$$\theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (169)$$

$$\theta_{out_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) - 5 \quad (170)$$

$$UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h) = 0 \quad (171)$$

$$\Delta T_s = 0 \quad (172)$$

Le débit au primaire des échangeurs Eau chaude sanitaire de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim_ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{out_prim_ECS}(h))} \quad (173)$$

L'énergie à fournir au primaire de tous les modules est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim_ECS}(h) \times (\theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{out_prim_ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (174)$$

Avec :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (175)$$

Si $Temps_{ECS}(h) > 1$, le moteur renvoie une erreur indiquant que la période est supérieure à 1 heure.

16.8.3.3.5. Couverture des besoins en chauffage

Le chauffage est réalisé de manière directe, ce qui veut dire que l'on récupère du groupe les données suivantes :

- Température de départ vers les émetteurs,
- Température de retour des émetteurs,
- Débit circulant dans les émetteurs.

L'algorithme ici présenté permet de calculer :

- La température de retour sur le réseau chauffage interne au module,
- Le débit de chauffage (côté primaire) requis par le module.

La température de départ du réseau intergroupes est constante en mode chauffage et est définie par :

$$\theta_{in_prim_ch}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (176)$$

Le besoin en chauffage à couvrir par le réseau intergroupes est :

$$Q_{prim_ch}(h) = \sum_{ds} Q_{sys_ch}^{ds}(h) \quad (177)$$

La somme des puissances fournies des échangeurs à plaques de chaque module au chauffage est définie de la manière suivante :

$$P_{CH}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times \sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times (\theta_{dep}^{ds}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h)) \quad (178)$$

$$P_{CH}^{mod}(h) = \frac{P_{CH}(h)}{Nb_{mod}} \quad (179)$$

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_CH} de l'échangeur à plaques de chauffage peut être calculé :

$$UA_{HX_CH}^{mod}(h) = a_{CH} \times (P_{CH}^{mod}(h))^2 + b_{CH} \times P_{CH}^{mod}(h) + c_{CH} \quad (180)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60
720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70

720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - a_def = -9,5502 E -07 (1/W.K)
 - b_def = 0,07943663 (1/K)
 - c_def = - 407,54714 (W/K)

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{CH}^{mod}(h)}{UA_{HXCH}^{mod}(h)} \quad (181)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in_prim_CH}(h) - \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{dep}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (182)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{in_prim_CH}(h) - \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (183)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in_prim_CH}(h) = \theta_{in_prim_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out_prim_CH}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton :

$$Initialisation : \Delta T_s = 50 \quad (184)$$

$$Initialisation DTLM = \frac{P_{CH}^{mod}}{UA_{HXCH}^{mod}} \quad (185)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (186)$$

$$Tant que Id_{fin} > 0.01, alors : \quad (187)$$

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \frac{1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2}$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (188)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.
On en déduit :

$$\theta_{out_prim_CH}(h) = \Delta T_s(h) + \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (189)$$

Le débit au primaire des échangeurs de chauffage de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim_CH}(h) = \frac{P_{CH}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in_prim_CH}(h) - \theta_{out_prim_CH}(h))} \quad (190)$$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} \quad (191)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (192)$$

16.8.3.3.6. Couverture des pertes statiques

Pertes statiques échangeur ECS

Dans le cas où l'échangeur ECS du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim_statique_ECS}(h) = q_{maintien_echangeur_ECS} \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \times Nb_{mod} \quad (193)$$

Si $\delta_{M_ech_ECS_temp} = 1$, alors :

$$\theta_{out_prim_statique_ECS}(h) = \theta_{out_prim_maintien_echangeur_ECS} \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \quad (194)$$

Sinon :

$$\begin{aligned} \theta_{out_prim_statique_ECS}(h) \\ = \theta_{in_prim_statique_ECS}(h) - \Delta_{reseau_mixte_maintien_temperature} \end{aligned} \quad (195)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages d'eau chaude sanitaire :

$$\theta_{in_prim_statique_ECS}(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (196)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim_statique_ECS}(h) \quad (197)$$

$$\begin{aligned} = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim_statique_ECS}(h) \times (\theta_{in_prim_statique_ECS}(h) \\ - \theta_{out_prim_statique_ECS}(h)) \times Nb_{mod} \times Temps_{statique}(h) \end{aligned}$$

$$Temps_{statique}(h) = 1 - Temps_{ECS}(h) \quad (198)$$

Pertes statiques échangeur Chauffage

Dans le cas où l'échangeur chauffage du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur chauffage est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim_statique_CH}(h) = q_{maintien_echangeur_CH} \times \delta_{M_ech_CH_temp} \times Nb_{mod} \quad (199)$$

La température de retour est aussi à saisir par l'utilisateur :

$$\theta_{out_prim_statique_CH}(h) = \theta_{out_prim_maintien_echangeur_CH} \times \delta_{M_ech_CH_temp} \quad (200)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages de chauffage :

$$\theta_{in_prim_statique_CH}(h) = \theta_{in_prim_CH}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (201)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur de chauffage est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim_statique_CH}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim_statique_CH}(h) \times (\theta_{in_prim_statique_CH}(h) - \theta_{out_prim_statique_CH}(h)) \times Nb_{mod} \times Temps_{statique_CH}(h) \quad (202)$$

$$Temps_{statique_CH}(h) = 1 - Temps_{CH}(h) \quad (203)$$

16.8.3.3.7. Pertes thermiques

Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{éch} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (204)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($hc = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{éch_ECS} = \frac{\acute{e}p_{iso_éch_ECS}}{\lambda_{iso_éch_ECS}} \quad (205)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (206)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{éch_ECS} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch_ECS})} \quad (207)$$

Pertes thermiques de l'échangeur Chauffage

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{éch} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (208)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($hc = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{éch_CH} = \frac{\acute{e}p_{iso_éch_CH}}{\lambda_{iso_éch_CH}} \quad (209)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (210)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{\acute{e}ch_CH} = \frac{S_{ech}}{(R_{si} + R_{\acute{e}ch_CH})} \quad (211)$$

Tubes primaires mixtes (communs au chauffage et à l'eau chaude sanitaire)

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module avant les dérivations vers l'échangeur Eau chaude sanitaire et vers le réseau de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{mixte} et leur coefficient de déperdition thermique U_{mixte} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température. Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{mixte}) est défini par :

$$H_{mixte} = U_{mixte} \times L_{mixte} \quad (212)$$

Tubes primaires usage ECS

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module côté primaire de l'échangeur Eau chaude sanitaire. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{ECS} et leur coefficient de déperdition thermique U_{ECS} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{ECS}) est défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (213)$$

Tubes primaires usage chauffage

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module après la dérivation vers le réseau de chauffage raccordé au module et affectés à l'usage de chauffage.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur $L_{chauffage}$ et leur coefficient de déperdition thermique $U_{chauffage}$ (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté $H_{chauffage}$) est défini par :

$$H_{chauffage} = U_{chauffage} \times L_{chauffage} \quad (214)$$

Enveloppe du module d'alimentation

Le module d'alimentation est caractérisé par ses déperditions thermiques vers le volume chauffé ou non chauffé, elles-mêmes dépendantes de la présence ou non d'isolant sous le capot du module d'alimentation.

Le coefficient de déperdition du module d'alimentation (en W/K) est fonction de sa surface d'échange avec l'extérieur (S_{module}) et des caractéristiques de son isolant (R_{module}) : il est noté H_{module} .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (215)$$

Avec :

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$. L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.
- R_{module} : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en $\text{m}^2.\text{K/W}$
- $S_{module} = 0,8 \text{ m}^2$ (valeur conventionnelle).

16.8.3.3.8. Temps de fonctionnement dans chaque mode

Mode ECS

Le temps de fonctionnement de l'échangeur d'un module équivalent est défini comme suit :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{w,2nd-e,ds-e}(h)}{P_{ECS}(h)} \quad (216)$$

Avec BECS le besoin d'ECS calculé par le moteur de calcul sur le groupe augmenté des pertes de distribution individuelle.

S'il n'y a pas de besoin ECS à couvrir, alors :

$$Temps_{ECS}(h) = 0 \quad (217)$$

Mode Chauffage et ECS

Cas de la production simultanée de chauffage et d'ECS : $\delta_{prod_ECS_CH} = 1$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} \quad (218)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (219)$$

On introduit donc une mesure de temps « mixte » pendant laquelle ont lieu des puisages d'ECS et une couverture des besoins de chauffage (production simultanée) :

$$Temps_{ECS_CH}(h) = \min(Temps_{ECS}(h); Temps_{CH}(h)) \quad (220)$$

Cas de la production alternée de chauffage et d'ECS : $\delta prod_ECS_CH = 0$

Le temps de fonctionnement moyen des modules en chauffage est dépendant du coefficient $Mod_{pertes}(h)$ des groupes. Ainsi le temps de fonctionnement moyen en chauffage des modules est défini par :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} - Temps_{ECS}(h) \quad (221)$$

S'il n'y a pas de besoin de chauffage à couvrir, alors :

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (222)$$

On a aussi :

$$Temps_{ECS_CH}(h) = 0 \quad (223)$$

Mode statique

Afin de rendre compte au mieux du fonctionnement « séquentiel » du module d'alimentation, il convient d'introduire trois autres mesures de temps.

Le temps de fonctionnement « mixte » ayant déjà été introduit, trois autres mesures de temps sont introduites :

- Temps de production d'ECS seule,
- Temps de production de chauffage seul,
- Temps « statique ».

$$\begin{aligned} Temps_{ECS_seule}(h) &= \max(0; Temps_{ECS}(h) - Temps_{ECS_CH}(h)) \\ Temps_{CH_seul}(h) &= \max(0; Temps_{CH}(h) - Temps_{ECS_CH}(h)) \\ Temps_{statique}(h) &= \max(0; 1 - Temps_{ECS_CH}(h) - Temps_{ECS}(h) - Temps_{CH}(h)) \end{aligned} \quad (224)$$

16.8.3.3.9. Pertes thermiques du module sur une heure

Les pertes thermiques du module sont définies par la somme des pertes thermiques en fonctionnement et en mode statique :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module_CH_seul}(h) + \phi_{module_ECS_seule}(h) + \phi_{module_ECS_CH}(h) + \phi_{module_statique}(h) \quad (225)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \quad (226)$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \quad (227)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \quad (228)$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (229)$$

Pertes thermiques en fonctionnement « mixte » chauffage et ECS

En fonctionnement chauffage et ECS, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_prim_ECS}(h) + \theta_{out_prim_ECS}(h)}{2} \quad (230)$$

En fonctionnement chauffage et ECS, l'échangeur et les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_CH}(h) = \frac{\theta_{in_prim_CH}(h) + \theta_{out_prim_CH}(h)}{2} \quad (231)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy_mixte_ECS_CH}(h) = MAX(\theta_{moy_ECS}(h); \theta_{moy_CH}(h)) \quad (232)$$

Les déperditions du module en fonctionnement chauffage et eau chaude sanitaire sont donc :

$$\begin{aligned} \phi_{module_ECS_CH} &= Nb_{mod} \times Temps_{ECS_CH} \\ &\times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_mixte_ECS_CH} - \theta_{amb}) + H_{chauffage} \times (\theta_{moy_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})} \end{aligned} \quad (233)$$

Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule

Lors de puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à la température moyenne de l'eau primaire circulant dans le module :

$$\theta_{moy_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_prim_ECS}(h) + \theta_{out_prim_ECS}(h)}{2} \quad (234)$$

En fonctionnement ECS seule, l'échangeur Chauffage et les tubes Chauffage sont supposés à température moyenne si l'échangeur Chauffage est maintenu en température :

$$\theta_{moy_statique_CH}(h) = \frac{\theta_{in_statique_prim_CH}(h) + \theta_{out_statique_prim_CH}(h)}{2} \quad (235)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy_mixte_ECS}(h) = MAX(\theta_{moy_ECS}(h); \theta_{moy_statique_CH}(h)) \quad (236)$$

Les déperditions du module lors de puisages d'eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\begin{aligned} \phi_{module_{ECS}} = & Nb_{mod} \times Temps_{ECS_{seule}} \\ & (H_{ech_{ECS}} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy_{ECS}} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_{mixte_{ECS}}} - \theta_{amb}) \\ & + (H_{CH} + H_{ech_{CH}}) \times \delta_{M_{ech_{CH}_{temp}}} \times (\theta_{moy_{statique_{CH}}} - \theta_{amb}) \\ & \times \frac{1}{1 + \frac{1}{H_{mod}}} \times ((H_{ech_{ECS}} + H_{ECS}) + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech_{CH}}) \times \delta_{M_{ech_{CH}_{temp}}}) \end{aligned} \quad (237)$$

Pertes thermiques en fonctionnement chauffage seul

En fonctionnement chauffage seul, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur est maintenu en température :

$$\theta_{moy_{statique_{ECS}}(h) = \frac{\theta_{in_{statique_{prim_{ECS}}}(h) + \theta_{out_{statique_{prim_{ECS}}}(h)}{2} \quad (238)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_{CH}}(h) = \frac{\theta_{in_{prim_{CH}}(h) + \theta_{out_{prim_{CH}}(h)}{2} \quad (239)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy_{mixte_{CH}}(h) = MAX(\theta_{moy_{ECS}}(h); \theta_{moy_{CH}}(h)) \quad (240)$$

Les déperditions du module en mode chauffage uniquement sont donc :

$$\begin{aligned} \phi_{module_{CH}} = & Nb_{mod} \times Temps_{CH_{seul}} \\ & (H_{ech_{ECS}} + H_{ECS}) \times \delta_{M_{ech_{ECS}_{temp}}} \times (\theta_{moy_{statique_{ECS}}} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy_{mixte_{CH}}} - \theta_{amb}) + H_{CH} \times (\theta_{moy_{CH}} - \theta_{amb}) \\ & \times \frac{1}{1 + \frac{1}{H_{mod}}} \times ((H_{ech_{ECS}} + H_{ECS}) \times \delta_{M_{ech_{ECS}_{temp}}} + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech_{CH}})) \end{aligned} \quad (241)$$

Pertes thermiques du module en mode statique

En mode statique, l'échangeur ECS et les tubes ECS sont supposés à température moyenne si l'échangeur ECS est maintenu en température :

$$\theta_{moy_{statique_{ECS}}(h) = \frac{\theta_{in_{statique_{prim_{ECS}}}(h) + \theta_{out_{statique_{prim_{ECS}}}(h)}{2} \quad (242)$$

En mode statique, l'échangeur Chauffage et les tubes Chauffage sont supposés à température moyenne si l'échangeur Chauffage est maintenu en température :

$$\theta_{moy_{statique_{CH}}(h) = \frac{\theta_{in_{statique_{prim_{CH}}}(h) + \theta_{out_{statique_{prim_{CH}}}(h)}{2} \quad (243)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy_{statique_{mixte}}(h) = MAX(\theta_{moy_{statique_{ECS}}}(h); \theta_{moy_{statique_{CH}}}(h)) \quad (244)$$

Les déperditions du module en fonctionnement statique sont donc :

- Si au moins un échangeur est maintenu en température :

$$\phi_{\text{module_statique}} = Nb_{\text{mod}} \times \text{Temps}_{\text{statique}} \times \frac{(H_{\text{ech}_{\text{ECS}}} + H_{\text{ECS}}) \times \delta_{M_{\text{ech}_{\text{ECS}}_{\text{temp}}}} \times (\theta_{\text{moy}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}} - \theta_{\text{amb}}) + H_{\text{mixte}} \times (\theta_{\text{moy}_{\text{statique}_{\text{mixte}}}} - \theta_{\text{amb}}) + (H_{\text{CH}} + H_{\text{ech}_{\text{CH}}}) \times \delta_{M_{\text{ech}_{\text{CH}}_{\text{temp}}}} \times (\theta_{\text{moy}_{\text{statique}_{\text{CH}}}} - \theta_{\text{amb}})}{1 + \frac{1}{H_{\text{mod}}}} \times ((H_{\text{ech}_{\text{ECS}}} + H_{\text{ECS}}) \times \delta_{M_{\text{ech}_{\text{ECS}}_{\text{temp}}}} + H_{\text{mixte}} + (H_{\text{CH}} + H_{\text{ech}_{\text{CH}}}) \times \delta_{M_{\text{ech}_{\text{CH}}_{\text{temp}}}})} \quad (245)$$

- Si aucun échangeur n'est maintenu en température :

$$\theta_{\text{module_statique}}(h) = 0 \quad (246)$$

16.8.3.3.10. Calcul des besoins en énergie sur une heure

Les besoins en énergie à couvrir, par le module, augmentés des pertes sont évalués par la formule suivante :

$$Q_{\text{totale}}(h) = \theta_{\text{prim}_{\text{ECS}}}(h) + Q_{\text{prim}_{\text{CH}}}(h) + Q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}}(h) + Q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{CH}}}}(h) + \phi_{\text{module}}(h) \quad (247)$$

Cette énergie est à fournir par le réseau primaire au groupe.

16.8.3.3.11. Débit d'irrigation moyen sur une heure

Le débit moyen entrant dans le module sur un pas de temps d'une heure est défini par la formule suivante :

$$q_{\text{moyen}}(h) = \text{MAX}((q_{\text{prim}_{\text{ECS}}}(h) + q_{\text{prim}_{\text{CH}}}(h)) \times \text{Temps}_{\text{ECS}_{\text{CH}}} + (q_{\text{prim}_{\text{ECS}}}(h) + q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{CH}}}}(h)) \times \text{Temps}_{\text{ECS}_{\text{seule}}} + (q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}}(h) + q_{\text{prim}_{\text{CH}}}(h)) \times \text{Temps}_{\text{CH}_{\text{seul}}} + (q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}}(h) + q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{CH}}}}(h)) \times \text{Temps}_{\text{statique}}; q_{\text{resid}}) \quad (248)$$

16.8.3.3.12. Calcul de la température de retour moyenne sur une heure

La température de retour moyenne sortant du module équivalent sur un pas de temps d'une heure est définie par la formule suivante :

$$\theta_{\text{out}_{\text{prim}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} = \frac{q_{\text{prim}_{\text{ECS}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} \times \theta_{\text{out}_{\text{prim}_{\text{ECS}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} + q_{\text{prim}_{\text{chauffage}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} \times \theta_{\text{out}_{\text{prim}_{\text{ch}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} + q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} \times \theta_{\text{out}_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} + q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{CH}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} \times \theta_{\text{out}_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{CH}}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}}}{q_{\text{prim}_{\text{ECS}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} + q_{\text{prim}_{\text{chauffage}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} + q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{ECS}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}} + q_{\text{prim}_{\text{statique}_{\text{CH}}}}^{\text{mod}_{\text{EQ}}}} \quad (249)$$

16.8.3.3.13. Auxiliaires de generation

Les circulateurs inclus dans les modules d'alimentation seront à saisir dans le groupe.

Les auxiliaires de génération de type cartes électroniques seront à renseigner par l'utilisateur. On distinguera les consommations à l'arrêt des consommations en fonctionnement.

Les consommations de ces auxiliaires sont données sur chaque pas de temps par la formule suivante :

$$C_{aux_géné}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux_géné}^{mod}(h) \quad (250)$$

Avec :

$$C_{aux_géné}^{mod}(h) = P_{aux_fct} \times (Temp_{ECS_CH}(h) + Temp_{ECS_seule}(h) + Temp_{CH_seul}(h)) + P_{aux_arrêt} \times Temp_{statique}(h) \quad (251)$$

16.8.3.3.14. Pertes transmises à l'ambiance

On suppose conventionnellement que si les modules sont hors volume chauffé alors aucune part d'énergie perdue par les modules n'est récupérable.

Si les modules sont en volume chauffé, alors on considère que 50% des pertes sont récupérables :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (252)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}(h) + C_{aux_géné}^{mod}(h)) \quad (253)$$

16.8.3.3.15. Mode de gestion du réseau et des circulateurs de distribution intergroupe mixte

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) > 1 \quad (254)$$

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable, avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

- Si $idcirc = 0$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (255)$$

- Si $idcirc = 1$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (256)$$

- Si $id_{circ} = 2$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (257)$$

- Si $id_{circ} = 3$ alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (258)$$

16.8.4 CIRCUIT PRIMAIRE

16.8.4.1. Nomenclature du modèle

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
$\frac{h}{U_i}$	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion	Réel			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations de circulateur issu de la fiche gestion/régulation	Réel			
	$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupe mixte	°C			
	$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupe mixte	°C			
	$Q_{sys_ds_req}$	Energie en chaud totale requise en entrée du réseau intergroupe mixte	Wh			
	$q_{moyen}(h)$	Débit moyen d'irrigation des MTA sur une heure	m3/h			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	L_{vc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	L_{hvc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{vc_gaines_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{hvc_gaines_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-

	Θ_{vc}	Température ambiante équivalente en volume chauffé lorsque le réseau intergroupe est sollicité	W/mK	0	$+\infty$	-
Paramètres intrinsèques du module						
	P_{aux}	Puissance du circulateur du réseau intergroupe mixte	W	0	$+\infty$	-
	P_{circ_vc}	Part des consommations d'auxiliaires transmise au volume chauffé sous forme de chaleur	Réel	0	1	-
	U_{moy_vc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	U_{moy_hvc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy_vc_gaines_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$U_{moy_hvc_gaines_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
	$\Phi_{pertes_vc_gaines_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA en volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
	$\Phi_{pertes_hvc_gaines_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA hors volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{moy}(h)$	Température moyenne dans le réseau intergroupe, qui va permettre de déterminer le comportement du générateur	°C			
	$Q_{sys}(h)$	Besoin en énergie augmenté des pertes thermiques du réseau intergroupes	Wh			
	$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution intergroupe au pas de temps h	Wh			
	$\Phi_{aux_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h.	Wh			
	$\Phi_{pertes_vc}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			

	$\Phi_{pertes_hvc}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	θ_{vc}	Température de volume chauffé	°C			20

16.8.4.2. Description du module

La présente fiche décrit les processus ayant lieu au niveau d'un composant distribution intergroupes mixte, défini au niveau d'une génération.

Un réseau de distribution intergroupe correspond au premier niveau d'arborescence d'un réseau de distribution, en partant du générateur. Un composant distribution intergroupe doit obligatoirement être relié à une et une seule génération, et à au moins un réseau de distribution secondaire.

Plusieurs réseaux de distribution secondaires peuvent être connectés à un même réseau de distribution intergroupe.

16.8.4.3. Description mathématique

16.8.4.3.1. Calcul des pertes du réseau de distribution intergroupes

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (259)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc} \quad (260)$$

$$\theta_{vc} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (261)$$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes_vc}(h) = & Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_vc} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \\ & + \phi_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) \end{aligned} \quad (262)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) \\ = & U_{moyen_vc_gaines_MTA} \times L_{vc_gaines_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) \\ & - \theta_{vc}(h)) \end{aligned} \quad (263)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) = 0 \quad (264)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) = 0 \quad (265)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes_hvc_gaines_MTA}(h) \\ = U_{moyen_hvc_gaines_MTA} \times L_{hvc_gaines_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) \\ - \theta_{hvc}(h)) \end{aligned} \quad (266)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes_hvc_gaines_MTA}(h) = 0 \quad (267)$$

16.8.4.3.2. Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau secondaire dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau secondaire.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \times P_{aux}(h) \quad (268)$$

Conventionnellement, on considère que $P_{circ_vc} = 0\%$: l'énergie consommée par les circulateurs du réseau intergroupes n'est pas transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc} \times W_{aux}(h) \quad (269)$$

16.8.4.3.3. Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie est finalement la suivante :

$$Q_{sys_ch}(h) = Q_{sys_ds_req_ch}(h) + \phi_{pertes_vc}(h) + \phi_{pertes_hvc}(h) \quad (270)$$

16.8.4.3.4. Affectation des besoins

Dans le cas où il y a des besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode chauffage des générations du moteur de calcul.

Dans le cas où il n'y a pas de besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode ECS des générations du moteur de calcul.

16.9 C_Dist_Distribution_Intergroupe_ECS_MTA

16.9.1 INTRODUCTION

La présente méthode s'applique aux bâtiments à usage d'habitation collectifs et **maisons individuelles et accolées** équipés d'un module d'alimentation composé a minima :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'un raccordement au réseau d'eau froide sanitaire,
- d'un raccordement au réseau de distribution individuelle d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation thermostatique à détection de débit de la température de l'eau chaude sanitaire produite,
- d'un raccordement au réseau primaire (bitube) d'eau chaude.

Elle s'applique aux modules d'appartement permettant d'assurer les besoins d'eau chaude sanitaire uniquement,

Les modules d'alimentation mixte chauffage – eau chaude sanitaire devront comporter une liaison au réseau de chauffage de manière directe (= sans échangeur à plaques) ou indirecte (= par échangeur à plaques). La régulation de la partie chauffage ainsi que le circulateur de chauffage pourront être présents sur le module.

16.9.1.1. Configuration n°1 : Les modules Eau chaude sanitaire seule

Les modules d'alimentation assurent uniquement les besoins en eau chaude sanitaire. Ils sont composés :

- d'un échangeur à plaques pour la production instantanée d'eau chaude sanitaire,
- d'une régulation de la production instantanée d'eau chaude sanitaire.

Une variante est possible pour cette configuration avec le maintien ou non en température de l'échangeur à plaques par circulation permanente d'un débit primaire.

16.9.1.2. Le réseau primaire

Indépendamment de la configuration de module d'alimentation retenue, le réseau primaire est composé :

- de longueurs de tubes isolés présents en volume chauffé,
- de longueurs de tubes isolés présents hors volume chauffé,
- d'un circulateur.

L'unique variante pour le réseau primaire consiste en l'installation d'un bipasse thermostatique en sommet de colonne montante afin de maintenir un débit minimal dans le réseau primaire en cas d'arrêt de la circulation de fluide au sein des modules lors des périodes de non-demande.

Note : Les longueurs comprises entre la boucle primaire et les modules d'alimentation font partie intégrante de la boucle primaire.

16.9.2 CONFIGURATION N°1 : LES MODULES EAU CHAUDE SANITAIRE SEULE

16.9.2.1. Nomenclature du modèle

Un unique modèle de module thermique d'alimentation doit être commun à chaque groupe. Un même groupe peut contenir plusieurs modules mais de même nature.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
F. E.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
Em-e	$A_{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m ²			
	$Q_{w,2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$idfonction$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : <i>1 : ECS seule</i>		1	3	1
	$\delta_{M_ech_ECS_ter}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS : <i>0 : pas de maintien en température</i> <i>1 : maintien en température</i>	-	0	1	
	id_{circ}	Mode de régulation du régulateur : <i>0 : Pas de circulateur,</i> <i>1 : Vitesse constante,</i> <i>2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle,</i> <i>3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau.</i>	-	0	3	
	a	Coefficient d'ordre 2 qui caractérise l'échangeur ECS	1/W.K	-∞	+∞	
	b	Coefficient d'ordre 1 qui caractérise l'échangeur ECS	1/K	-∞	+∞	
	c	Coefficient d'ordre 0 qui caractérise l'échangeur ECS	W/K	-∞	+∞	
	$\theta_{in_prim_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>5 0		

$q_{\text{maintien_echangeur_ECS}}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m ³ /h			
Nb_{mod}	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-			
$\theta_{\text{out_prim_maintien_echangeur_ECS}}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C			
$\epsilon_{\text{iso_ech_ECS}}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m			
$\lambda_{\text{iso_ech_ECS}}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/mK			
U_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/mK			
L_{ECS}	Longueur des tubes ECS dans un module	m			
R_{module}	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'alimentation	m ² K/W			
$P_{\text{aux_fct}}$	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W			
$P_{\text{aux_arrêt}}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W			
q_{resid}	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m ³ /h			
q_{nom}	Débit nominal du réseau intergroupes	m ³ /h			
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	
$Mod_{\text{pertes}}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau	Réel	0	1	
$\theta_{\text{in_prim}}(h)$	Température de départ du réseau intergroupes	°C			
$\theta_{\text{out_prim}}(h)$	Température de retour du réseau intergroupes	°C			
$Q_{\text{totale}}(h)$	Energie requise en entrée du réseau intergroupes	Wh			
$Mod_{\text{circ}}(h)$	Coefficient de modulation des consommations des pompes du réseau intergroupes	Réel			
Variables internes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$q_{\text{ECS}}^{\text{mod}}$	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
q_{ECS}	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m ³ /h			
$P_{\text{ECS}}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W			
$\theta_{2\text{nd-e}}$	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C			
$P_{\text{ECS}}^{\text{mod}}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W			
$UA_{\text{HX_ECS}}^{\text{mod}}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'alimentation	W/K			

$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K			
$\Delta T_e(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
$\Delta T_s(h)$	Ecart entre la température d'entrée au primaire et la température de production d'ECS	K			
$\theta_{in_prim_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$\theta_{out_prim_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS	°C			
$q_{prim_ECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m ³ /h			
$Q_{prim_ECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh			
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h			
$q_{prim_statique_ECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m ³ /h			
$\theta_{out_prim_statique_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$\theta_{in_prim_statique_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$Q_{prim_statique_ECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh			
$Temps_{statique}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h			
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
$R_{éch_ECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur	m ² K/W			
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
$H_{éch_ECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K			
H_{ECS}	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/K			
H_{module}	Coefficient de déperditions de l'enveloppe externe du module	W/K			
S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh			
$\Phi_{module_ECS}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh			
$\Phi_{module_statique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique	Wh			
$\theta_{moy_ECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C			

$\theta_{amb}(h)$	Température de volume ambiant	°C			20
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
$\theta_{moy_statique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C			
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupe sur un pas de temps	m ³ /h			
$\theta_{out_prim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	°C			
$C_{auxgéné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh			
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommations des auxiliaires des générations d'un module	Wh			
$\Phi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh			
$\Phi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh			
Constantes					
Nom	Description	Unité			Conv
q_{ECS}^{mod}	Débit de puisage ECS par module	m ³ /h			0,72
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m ²			0,3
R_{si}	Résistance thermique superficielle	m ² K/W			0,13
S_{module}	Surface extérieure du module	m ²			0,8
$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
Cp_{eau}	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m ³ /K			1,16
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³			1000

16.9.2.2. Description du module

Les réseaux intergroupes constituent un deuxième niveau dans l'arborescence de la distribution, connectant un ensemble de distributions du groupe (locales) à un système de génération.

Les règles de modélisation sont identiques, à savoir qu'un composant du groupe (chauffage ou ECS) est associé à un et un seul composant distribution intergroupes partageant sa fonction.

A chaque pas de temps, l'état du réseau intergroupe hérite des profils de gestion/régulation des différents réseaux de distribution groupe desservis :

- La température de départ est prise égale au maximum des températures requises au niveau des groupes desservis ou à la température de consigne minimale de la génération,
- Le débit total est égal à la somme de l'ensemble des débits effectifs circulant dans les réseaux du groupe desservis, plus le débit requis pour couvrir les besoins d'ECS au niveau des modules d'alimentation,

- La température de retour est la moyenne pondérée par les débits effectifs des différentes températures de retour des réseaux du groupe desservis, y compris les débits permettant de couvrir les besoins d'ECS au niveau des modules d'alimentation.

16.9.2.3. Description mathématique

Cette partie établit pour chaque module d'alimentation Eau chaude sanitaire seule :

- Les pertes thermiques du module, c'est-à-dire l'énergie perdue dans le volume chauffé et le volume non chauffé,
- Les températures d'entrée et de sortie du module au primaire et secondaire,
- Les débits du module au primaire et au secondaire,
- Les consommations des auxiliaires,
- Les besoins en énergie thermique majorés des pertes du module.

16.9.2.3.1. Modules d'alimentation eau chaude sanitaire seule

Cette fiche algorithme décrit le modèle des modules d'alimentation en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule. Ces modules sont reliés :

- En amont à un réseau de distribution primaire,
- En aval à un ou plusieurs systèmes d'émission internes au groupe, définis au niveau du groupe.

Les caractéristiques principales des modules d'alimentation sont :

- Ses pertes (en W/K dont une partie seulement est récupérable par l'ambiance),
- Ses régimes de fonctionnement (températures et débits),
- Ses consommations d'auxiliaires.

16.9.2.3.2. Principe et définition

Un module d'alimentation est obligatoirement relié :

- En aval, à une émission hydraulique d'un groupe,
- En amont à un réseau de distribution primaire.

16.9.2.3.3. Calculs des indicateurs du module d'alimentation

Caractérisation

Tous les modules décrits dans cette fiche algorithmique couvrent les besoins en ECS des groupes auxquels ils sont raccordés :

$$id_{fonction} = 1 \quad (271)$$

L'échangeur ECS peut être maintenu en température ou non :

Si l'échangeur ECS est maintenu en température, alors :

$$\delta_{M_ech_ECS_temp} = 1 \quad (272)$$

Sinon,

$$\delta_{M_ech_ECS_temp} = 0 \quad (273)$$

Fonctionnement

Le module d'alimentation, en fonction de sa conception, peut fonctionner suivant deux modes :

- Soit l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire est maintenu en permanence en température. Dans ce cas, le débit minimal de maintien en température ainsi que la température en sortie de l'échangeur à charge nulle doivent être saisis par l'utilisateur,
- Soit l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire n'est pas maintenu en température en dehors des soutirages d'eau chaude sanitaire.

16.9.2.3.4. Couverture des besoins ECS

Le débit de puisage ECS est fixé par module forfaitairement à 12 l/min :

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (274)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (275)$$

La somme des puissances des échangeurs à plaques de chaque module fournie à l'eau sanitaire est définie de la manière suivante :

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p \text{ eau}} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (276)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (277)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (278)$$

A partir des coefficients (a, b et c) fournis par l'utilisateur, le coefficient de transfert thermique UA_{HX_ECS} de l'échangeur à plaques Eau chaude sanitaire peut être calculé :

$$UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h) = a \times (P_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (279)$$

Remarque : les coefficients a, b et c sont définis par la méthode qui suit :

- à partir des points de mesure ou calcul suivants, réaliser une régression polynomiale d'ordre 2 pour obtenir des coefficients a, b, c :

Débit puisage ECS	Temp EFS	Temp puisage ECS	Temp départ primaire
l/h	°C	°C	°C
720	10	40	55
720	10	40	60
720	10	40	65
720	10	40	70
720	10	40	75
720	10	40	80
720	10	40	90
720	10	45	55
720	10	45	60

720	10	45	65
720	10	45	70
720	10	45	75
720	10	45	80
720	10	45	90
720	10	50	55
720	10	50	60
720	10	50	65
720	10	50	70
720	10	50	75
720	10	50	80
720	10	50	90
720	10	55	55
720	10	55	60
720	10	55	65
720	10	55	70
720	10	55	75
720	10	55	80
720	10	55	90

- dans le cas où les données sont certifiées, ne pas appliquer de pénalisation.
- dans le cas où les données sont justifiées (ex : données fournies par l'industriel sur la base d'un calcul réalisé par un logiciel spécifique), appliquer une pénalisation de 10%.
- dans le cas où il n'y a pas de valeurs fournies par l'industriel, prendre les coefficients par défaut suivants :
 - a_def = -9,5502 E -07 (1/W.K)
 - b_def = 0,07943663 (1/K)
 - c_def = - 407,54714 (W/K)

La température de sortie de l'échangeur au primaire est définie à partir de la méthode de la Différence de Température Logarithmique Moyenne (DTLM) :

Avec :

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HK_{ECS}}^{mod}(h)} \quad (280)$$

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (281)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out_prim_ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (282)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module : $\theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom}$.

Par calcul numérique, on fait converger $\Delta T_s(h)$ pour en déduire la température de sortie de l'échangeur Eau chaude sanitaire côté primaire ($\theta_{out_prim_ECS}(h)$).

La méthode de convergence est donnée ci-dessous et est issue de la méthode de résolution de Newton :

$$Initialisation : \Delta T_s = 50 \quad (283)$$

$$\text{Initialisation DTLM} = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX_ECS}^{mod}} \quad (284)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (285)$$

Tant que $Id_{fin} > 0.01$, alors :

$$\Delta T_s = \Delta T_e - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \quad (286)$$

$$\frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right))^2}$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (287)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out_prim_ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (288)$$

Dans le cas où la puissance ECS appelée est nulle, on a :

$$\theta_{out_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) - 5 \quad (289)$$

$$\theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (290)$$

Le débit au primaire des échangeurs Eau chaude sanitaire de chaque module est ensuite calculé par la formule :

$$q_{prim_ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times Cp_{eau} \times (\theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{out_prim_ECS}(h))} \quad (291)$$

L'énergie à fournir au primaire de tous les modules est déduite des équations précédentes :

$$Q_{prim_ECS}(h) = \rho_{eau} \times Cp_{eau} \times q_{prim_ECS}(h) \times (\theta_{in_prim_ECS}(h) - \theta_{out_prim_ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (292)$$

Avec :

$$Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (293)$$

Si $Temps_{ECS}(h) > 1$, le moteur renvoie une erreur indiquant que la période est supérieure à 1 heure.

16.9.2.3.5. Couverture des pertes statiques

Dans le cas où l'échangeur ECS du module n'est pas maintenu en température, le débit d'irrigation de l'échangeur est nul et l'énergie fournie à l'échangeur est nul.

Si l'échangeur est maintenu en température, le débit de maintien en température et la température de retour de maintien en température sont des données à saisir.

Le débit de maintien en température de chaque module est à saisir par l'utilisateur et permet de déduire le débit de maintien en température de tous les modules :

$$q_{prim_statique_ECS}(h) = q_{maintien_echangeur_ECS} \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \times Nb_{mod} \quad (294)$$

La température de retour est aussi à saisir par l'utilisateur :

$$\theta_{out_prim_statique_ECS}(h) = \theta_{out_prim_maintien_echangeur_ECS} \times \delta_{M_ech_ECS_temp} \quad (295)$$

La température d'entrée dans l'échangeur est égale à la température d'entrée dans l'échangeur lors de soutirages d'eau chaude sanitaire :

$$\theta_{in_prim_statique_ECS}(h) = \theta_{in_prim_ECS}(h) = \theta_{in_prim_nom} \quad (296)$$

L'énergie à fournir au primaire de chaque module pour le maintien en température de l'échangeur Eau chaude sanitaire est nulle car elle sera comptabilisée dans les pertes à l'arrêt du module (cf 1.1.2.3.6 Pertes thermiques) :

$$Q_{prim_statique_ECS}(h) = 0 \quad (297)$$

$$Temps_{statique}(h) = 1 - Temps_{ECS}(h) \quad (298)$$

16.9.2.3.6. Pertes thermiques

Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m² :

$$S_{ech} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (299)$$

Au niveau des échanges thermiques entre l'air contenu dans le module et l'échangeur, il sera considéré l'influence de la convection ($hc = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) et, s'il y a lieu, de l'isolant enrobant l'échangeur.

La résistance thermique de l'isolant est définie par la formule suivante :

$$R_{ech_ECS} = \frac{\acute{e}p_{iso_ech_ECS}}{\lambda_{iso_ech_ECS}} \quad (300)$$

La résistance thermique superficielle R_{si} équivalente (= de convection entre l'échangeur et l'air interne au module) vaut :

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (301)$$

Le coefficient de pertes thermiques (en W/K) entre l'échangeur et l'intérieur du module est calculé de la manière suivante :

$$H_{éch_ECS} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch_ECS})} \quad (302)$$

Tubes primaires usage ECS

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module côté primaire de l'échangeur Eau chaude sanitaire. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

Ces longueurs sont caractérisées par leur longueur L_{ECS} et leur coefficient de déperdition thermique U_{ECS} (en W/(m.K)).

Ils influent sur les déperditions thermiques du module en fonction de leur niveau de température.

Leur coefficient de pertes thermiques vers l'intérieur du module (noté H_{ECS}) est défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (303)$$

Enveloppe du module d'alimentation

Le module d'alimentation est caractérisé par ses déperditions thermiques vers le volume chauffé ou non chauffé, elles-mêmes dépendantes de la présence ou non d'isolant sous le capot du module d'alimentation.

Le coefficient de déperdition du module d'alimentation (en W/K) est fonction de sa surface d'échange avec l'extérieur (S_{module}) et des caractéristiques de son isolant (R_{module}) : il est noté H_{module} .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (304)$$

Avec :

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$. L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.
- R_{module} : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
- $S_{module} = 0,8 \text{ m}^2$ (valeur conventionnelle).

16.9.2.3.7. Pertes thermiques du module sur une heure

Les pertes thermiques du module sont définies par la somme des pertes thermiques en fonctionnement et en mode statique :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module_ECS}(h) + \phi_{module_statique}(h) \quad (305)$$

Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire seule

Lors de puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à la température moyenne de l'eau primaire circulant dans le module :

$$\theta_{moy_ECS}(h) = \frac{\theta_{in_prim_ECS}(h) + \theta_{out_prim_ECS}(h)}{2} \quad (306)$$

Les déperditions du module lors de puisages d'eau chaude sanitaire uniquement sont donc :

$$\phi_{module_ECS} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS_seule} \times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times (H_{ech_ECS} + H_{ECS})} \quad (307)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \quad (308)$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \quad (309)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \quad (310)$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (311)$$

Pertes thermiques du module en mode statique

En dehors des puisages d'ECS, l'échangeur ECS et les tubes sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy_statique}(h) = \frac{\theta_{in_prim_statique}(h) + \theta_{out_prim_statique}(h)}{2} \quad (312)$$

Les déperditions du module en dehors des puisages d'ECS sont donc :

- Si l'échangeur est maintenu en température :

$$\phi_{module_statique}(h) = Nb_{mod} \times Temps_{statique} \times \frac{(H_{ech_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy_statique_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times (H_{ech_ECS} + H_{ECS})} \quad (313)$$

- Si l'échangeur n'est pas maintenu en température :

$$\phi_{module_statique}(h) = 0 \quad (314)$$

16.9.2.3.8. Calcul des besoins en énergie sur une heure

Les besoins en énergie à couvrir, par le module, augmentés des pertes sont évalués par la formule suivante :

$$Q_{totale}(h) = \theta_{prim_ECS}(h) + Q_{prim_CH}(h) + Q_{prim_statique_ECS}(h) + \phi_{module}(h) \quad (315)$$

Cette énergie est à fournir par le réseau primaire au groupe.

16.9.2.3.9. Débit d'irrigation moyen sur une heure

Le débit moyen entrant dans le module sur un pas de temps d'une heure est défini par la formule suivante :

$$q_{moyen}(h) = MAX(q_{prim_ECS}(h) \times Temps_{ECS_seule} + q_{prim_statique_ECS}(h) \times Temps_{statique}; q_{resid}) \quad (316)$$

16.9.2.3.10. Calcul de la temperature de retour moyenne sur une heure

La température de retour moyenne sortant du module équivalent sur un pas de temps d'une heure est définie par la formule suivante :

$$\theta_{out_prim}(h) = \frac{q_{prim_ECS} \times \theta_{out_prim_ECS} + q_{prim_statique_ECS} \times \theta_{out_prim_statique_ECS}}{q_{prim_ECS} + q_{prim_statique_ECS}} \quad (317)$$

16.9.2.3.11. Auxiliaires de génération

Les circulateurs inclus dans les modules d'alimentation seront à saisir dans le groupe.

Les auxiliaires de génération de type cartes électroniques seront à renseigner par l'utilisateur. On distinguera les consommations à l'arrêt des consommations en fonctionnement.

Les consommations de ces auxiliaires sont données sur chaque pas de temps par la formule suivante :

$$C_{aux_géné}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux_géné}^{mod}(h) \quad (318)$$

Avec :

$$C_{aux_géné}^{mod}(h) = P_{aux_fct} \times Temps_{ECS_seule}(h) + P_{aux_arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (319)$$

16.9.2.3.12. Pertes transmises à l'ambiance

On suppose conventionnellement que si les modules sont hors volume chauffé alors aucune part d'énergie perdue par les modules n'est récupérable.

Si les modules sont en volume chauffé, alors on considère que 50% des pertes sont récupérables :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (320)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}(h) + C_{aux_géné}^{mod}(h)) \quad (321)$$

16.9.2.3.13. Mode de gestion du réseau et des circulateurs de distribution intergroupe mixte

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) = 1 \quad (322)$$

On considère trois types de circulateurs possibles : à vitesse constante, à vitesse variable, avec différentielle de pression constante, et à vitesse variable avec différentielle de pression variable.

- Si $id_{circ} = 0$ alors,
$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (323)$$

- Si $id_{circ} = 1$ alors,
$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (324)$$

- Si $id_{circ} = 2$ alors,
$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (325)$$

- Si $id_{circ} = 3$ alors,
$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left(0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left(\frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (326)$$

16.9.3 CIRCUIT PRIMAIRE

16.9.3.1. Nomenclature du modèle

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité			
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
Γ Ξ	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel			
	$Mod_{pertes}(h)$	Coefficient de modulation des pertes de réseaux en fonction de leur gestion	Réel			
	$Mod_{circ}(h)$	Coefficient de modulation des consommations de circulateur issu de la fiche gestion/régulation	Réel			
	$\theta_{dep}(h)$	Température de départ du réseau intergroupe ECS	°C			
	$\theta_{ret}(h)$	Température de retour du réseau intergroupe ECS	°C			
	$Q_{sys_ds_req}$	Energie en chaud totale requise en entrée du réseau intergroupe mixte	Wh			
	$q_{moyen}(h)$	Débit moyen d'irrigation des MTA sur une heure	m3/h			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

L_{vc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
L_{hvc}	Longueur du réseau de distribution intergroupe colonne situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
$L_{vc_gaines_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
$L_{hvc_gaines_MTA}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
Θ_{vc}	Température ambiante équivalente en volume chauffé lorsque le réseau intergroupe est sollicité	W/mK	0	$+\infty$	-
Paramètres intrinsèques du module					
P_{aux}	Puissance du circulateur du réseau intergroupe ECS	W	0	$+\infty$	-
P_{circ_vc}	Part des consommations d'auxiliaires transmise au volume chauffé sous forme de chaleur	Réel	0	1	-
U_{moy_vc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
U_{moy_hvc}	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
$U_{moy_vc_gaines_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
$U_{moy_hvc_gaines_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
$\Phi_{pertes_vc_gaines_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA en volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
$\Phi_{pertes_hvc_gaines_MTA}$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA hors volume chauffé	Wh	0	$+\infty$	-
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$\theta_{moy}(h)$	Température moyenne dans le réseau intergroupe, qui va permettre de déterminer le comportement du générateur	°C			
$Q_{sys}(h)$	Besoin en énergie augmenté des pertes thermiques du réseau intergroupes	Wh			
$W_{aux}(h)$	Energie consommée par le circulateur du réseau de distribution intergroupe au pas de temps h	Wh			

	$\Phi_{aux_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh			
	$\Phi_{pertes_vc}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$\theta_{vc}(h)$	Température de volume chauffé	°C			20
	$\theta_{hvc}(h)$	Température hors volume chauffé	°C			
	$\Phi_{pertes_hvc}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh			
Constantes						
	Nom	Description	Unité			Conv
	θ_{vc}	Température de volume chauffé	°C			20

16.9.3.2. Description du module

La présente fiche décrit les processus ayant lieu au niveau d'un composant distribution intergroupes mixte, défini au niveau d'une génération.

Un réseau de distribution intergroupe correspond au premier niveau d'arborescence d'un réseau de distribution, en partant du générateur. Un composant « distribution intergroupes » doit obligatoirement être relié à une et une seule génération, et à au moins un réseau de distribution secondaire.

Plusieurs réseaux de distribution secondaires peuvent être connectés à un même réseau de distribution intergroupe.

16.9.3.3. Description mathématique

16.9.3.3.1. Calcul des pertes du réseau de distribution intergroupes

On exprime tout d'abord la température moyenne dans le réseau, en considérant que les longueurs des portions de départ et de retour sont identiques :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (327)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\theta_{vc}(h) = \theta_{vc} \quad (328)$$

$$\theta_{vc} = 20 \text{ °C} \quad (329)$$

$$\begin{aligned} \phi_{pertes_vc}(h) = & Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_vc} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \\ & + \phi_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) \end{aligned} \quad (330)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned}\phi_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) \\ = U_{moyen_vc_gaines_MTA} \times L_{vc_gaines_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) \\ - \theta_{vc}(h))\end{aligned}\quad (331)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) = 0 \quad (332)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{pertes_vc_gaines_MTA}(h) = 0 \quad (333)$$

Avec :

Si $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned}\phi_{pertes_hvc_gaines_MTA}(h) \\ = U_{moyen_hvc_gaines_MTA} \times L_{hvc_gaines_MTA} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) \\ - \theta_{hvc}(h))\end{aligned}\quad (334)$$

Si $q_{moyen} = 0$

$$\phi_{pertes_hvc_gaines_MTA}(h) = 0 \quad (335)$$

16.9.3.3.2. Calcul de la consommation des auxiliaires de distribution

La consommation d'énergie des circulateurs du réseau secondaire dépend de leur mode de gestion, qui se traduit par un coefficient de modulation $Mod_{circ}(h)$ issu de la fiche gestion/régulation du réseau secondaire.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \times P_{aux}(1h) \quad (336)$$

Conventionnellement, on considère que $P_{circ_vc} = 0\%$: l'énergie consommée par les circulateurs du réseau intergroupes n'est pas transmise à l'ambiance des locaux chauffés :

$$\phi_{aux_vc}(h) = P_{circ_vc} \times W_{aux}(h) (W) \quad (337)$$

16.9.3.3.3. Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie est finalement la suivante :

$$Q_{sys_ch}(h) = Q_{sys_ds_req_ch}(h) + \phi_{pertes_vc}(h) + \phi_{pertes_hvc}(h) \quad (338)$$

16.9.3.3.4. Affectation des besoins

Dans le cas où il y a des besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode chauffage des générations du moteur de calcul.

Dans le cas où il n'y a pas de besoins de chauffage à couvrir, les données ci-dessus sont renvoyées au mode ECS des générations du moteur de calcul.