

## AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT,  
DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES  
ET DE LA RURALITÉ

*Direction de l'habitat, de l'urbanisme  
et des paysages*

### **Arrêté du 12 décembre 2014 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte des modules d'appartement dans la réglementation thermique 2012**

NOR : ETL1426226A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

La ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et la ministre du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité,

Vu la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil en date du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (refonte);

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles L.111-9 et R.111-20;

Vu l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments;

Vu l'arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments,

Arrêtent:

#### Article 1<sup>er</sup>

L'arrêté du 2 octobre 2014 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « Regudis » dans la réglementation thermique 2012 est abrogé et remplacé par le présent arrêté.

#### Article 2

Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé, le mode de prise en compte des modules d'appartement dans la méthode de calcul Th-BCE 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexes.

#### Article 3

Le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages et le directeur général de l'énergie et du climat sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Bulletin officiel* du ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité et du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 12 décembre 2014.

*La ministre du logement,  
de l'égalité des territoires et de la ruralité,  
Pour la ministre et par délégation :  
La sous-directrice de la qualité  
et du développement durable dans la construction,  
K. NARCY*

*La ministre de l'écologie,  
du développement durable et de l'énergie,  
Pour la ministre et par délégation :  
La sous-directrice de la qualité  
et du développement durable dans la construction,  
K. NARCY*

*La ministre de l'écologie,  
du développement durable et de l'énergie,  
Pour la ministre et par délégation :  
Le chef du service climat et efficacité énergétique,  
P. DUPUIS*

## A N N E X E 1

### Modalités de prise en compte des modules thermiques d'appartement dans la réglementation thermique 2012

#### 1/ Définition du système

Au sens du présent arrêté, un module thermique d'appartement (également appelé sous-stations d'appartement) est un système permettant d'assurer a 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.

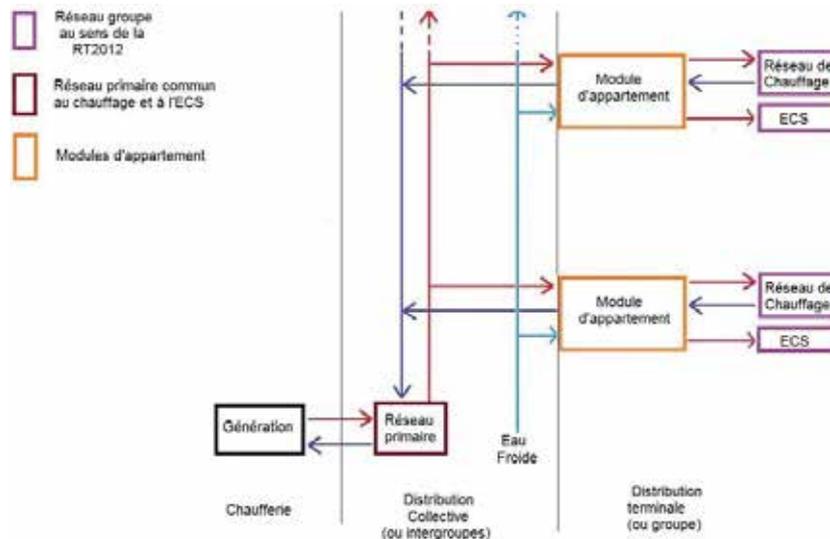


Figure 1 : Schéma de principe d'une distribution contenant des modules d'appartement

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

#### Le module thermique d'appartement

L'ensemble des modules dispose d'une priorité eau chaude sanitaire. Toutefois, dans la plupart des cas, la production d'eau chaude sanitaire se fait en alternance avec les besoins de chauffage. Dans certains cas, les deux productions se font simultanément.

#### *Production d'eau chaude sanitaire et de chauffage en alternance*

En effet, lorsqu'un besoin d'eau chaude sanitaire est détecté (par détection de débit sur le réseau d'eau sanitaire), la vanne de régulation (côté primaire) régule le débit primaire dans l'échangeur à plaques eau chaude sanitaire de manière thermostatique (cette consigne est généralement ajustable par l'utilisateur) : une prise de température de l'eau chaude sanitaire en sortie d'échangeur (ou au sein même de l'échangeur) est effectuée.

Lorsqu'aucun puisage d'eau chaude sanitaire n'est détecté, la vanne de régulation de l'échangeur eau chaude sanitaire se ferme afin de réduire fortement voire d'annuler le débit dans l'échangeur à plaques (en fonction des modules). La partie chauffage dispose donc de la puissance requise pour subvenir aux déperditions du bâtiment.

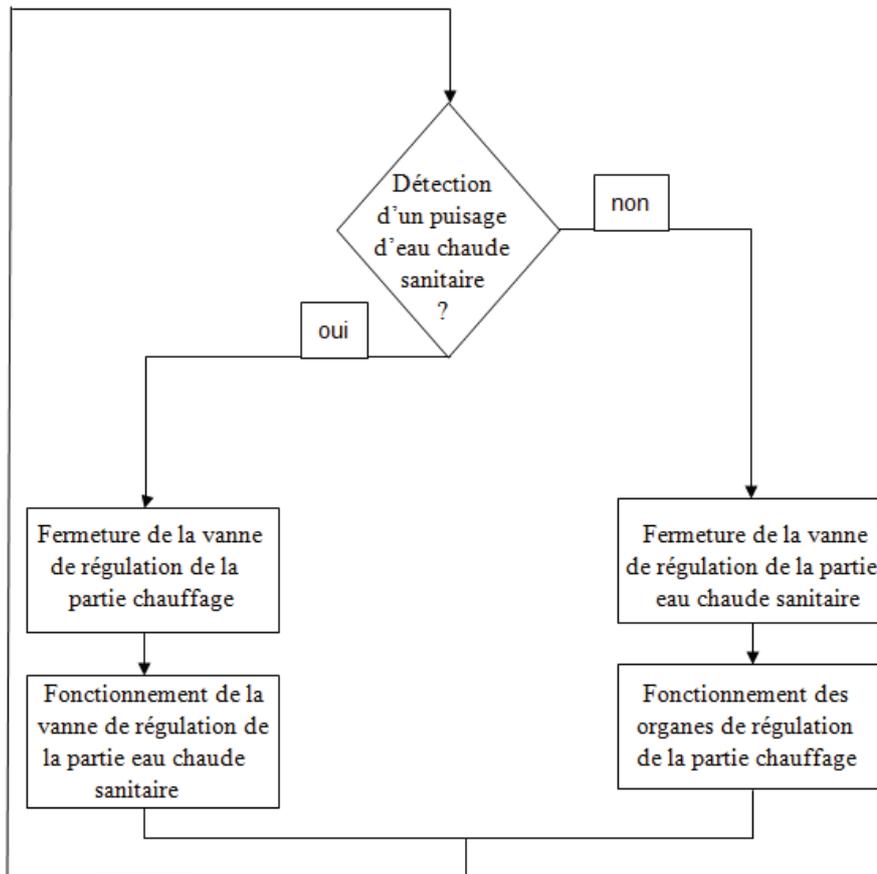


Figure 2 : Logigramme de fonctionnement au niveau du module d'appartement

#### *Production d'eau chaude sanitaire et de chauffage en simultané*

Dans les autres cas, le réseau primaire et la génération sont dimensionnés de manière à pouvoir assurer les besoins en eau chaude sanitaire et en chauffage simultanément. Les régulations de la partie eau chaude sanitaire et de la partie chauffage sont indépendantes l'une de l'autre.

#### Le réseau primaire

Les modules d'appartement requièrent une puissance disponible minimale afin d'apporter le confort nécessaire aux usagers. En ce sens, un débit et une température minimaux doivent être maintenus dans l'aller du réseau primaire.

## 2/ Domaine d'application

La présente méthode s'applique aux bâtiments à usage d'habitation collectifs équipés d'un module d'appartement 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 uniquement,
- 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'appartement 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.

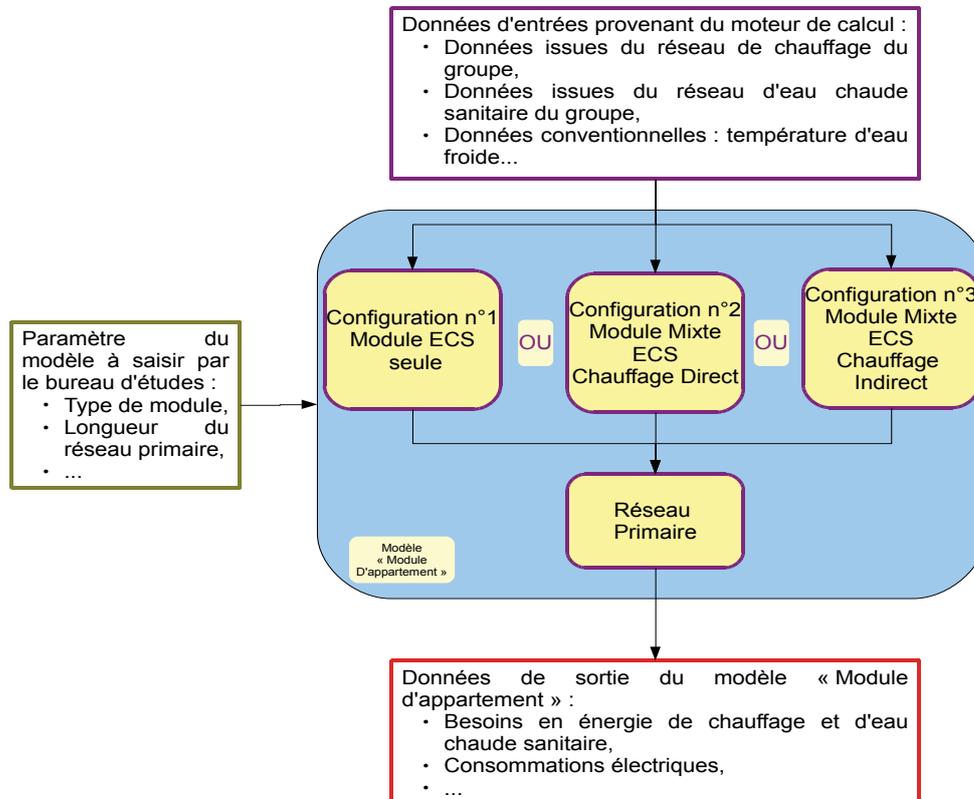


Figure 3 : Structure générale de l'extension dynamique de la demande de Titre V

### **2.1. Configuration n°1 : Les modules Eau chaude sanitaire seule**

Les modules d'appartement 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.

### **2.2. Configuration n°2 : Les modules Eau chaude sanitaire et chauffage « direct »**

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

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

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

Deux variantes sont possibles pour cette configuration :

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

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

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

### **2.3. Configuration n°3 : Les modules Eau chaude sanitaire et chauffage « indirect »**

Les modules d'appartement 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.

#### **2.4. Le réseau primaire**

Indépendamment de la configuration de module d'appartement 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 biseau 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'appartement font partie intégrante de la boucle primaire.

### **3/ Modélisation des modules d'appartement dans la méthode Th-BCE 2012**

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

#### **3.1. Module d'appartement Eau chaude sanitaire seule**

Voir l'annexe 2 du présent arrêté.

#### **3.2. Module d'appartement mixte ECS – chauffage direct**

Voir l'annexe 3 du présent arrêté.

#### **3.3. Module d'appartement mixte ECS – chauffage indirect**

Voir l'annexe 4 du présent arrêté.

#### **3.4. Circuit primaire**

Voir l'annexe 5 du présent arrêté.

ANNEXE 2

Fiche Algorithmique n°1 « Modules ECS seul »

1. NOMENCLATURE DU MODELE

<b>Entrées<sup>1</sup></b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle<sup>2</sup></b>	<b>Def<sup>3</sup></b>
$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C		
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C		
$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon	Réel		
$A_{gr.em-e}$	Surface d'un groupe desservi par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m <sup>2</sup>		
$Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoin d'ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh		
$\theta_{2nd-e}^{ds-e}$	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C		
<b>Paramètres d'intégration du module<sup>4</sup></b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle<sup>5</sup></b>	<b>Def</b>
$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : 1 : ECS seule, 2 : ECS et chauffage direct, 3 : ECS et chauffage indirect.	-	1 - 3	-
$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp}$	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 circulateur : 0 : Pas de circulateur, 1 : Vitesse constante,	-	0 - 3	-

<sup>1</sup> Valeurs opérées par d'autres modules

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

<sup>3</sup> Valeur par défaut

<sup>4</sup> Rentrés par l'utilisateur

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

2 : Vitesse variable et maintien du réseau à une pression différentielle,  
3 : Vitesse variable et variations de la pression différentielle du réseau.

$a, b, c$	Coefficients caractéristiques de l'échangeur ECS par module	-	-	-
$\theta_{in\_prim\_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	> 50°C	-
$q_{maintien\ échangeur\ ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m <sup>3</sup> /h	-	-
$Nb_{mod}$	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-	-	-
$\theta_{out\_prim\ maintien\ échangeur\ ECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C	-	-
$\acute{e}p_{iso\ éch\ ECS}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m	-	-
$\lambda_{iso\ éch\ ECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/m.K	-	-
$U_{ECS}$	Coefficient de déperditions de tubes ECS dans un module	W/m.K	-	-
$L_{ECS}$	Longueur des tubes ECS dans un module	m	-	-
$R_{module}$	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'appartement	m <sup>2</sup> .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 <sup>3</sup> /h	-	-
$q_{nom}$	Débit nominal du réseau intergroupes	m <sup>3</sup> /h	-	-

#### Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Mod_{pertes}(h)$	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	-	-	-

#### Variables internes<sup>6</sup>

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$q^{mod}_{ECS}$	Débit de puisage ECS par module	m3/h	-	0,72
$q_{ECS}$	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m3/h	-	-
$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W	-	-
$Cp_{eau}$	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m3/ K	-	1,16
$\rho_{eau}$	Masse volumique de l'eau	kg/m3	-	1000
$\theta_{2nd-e}$	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'appartemenr	W/K	-	-
$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K	-	-
$\Delta T_e(h)$	Ecart de température entre la température d'entrée au primaire et la température de production ECS	K	-	-
$\Delta T_s(h)$	Ecart de température entre la température de sortie au primaire et la température d'EFS	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	-	-
$q_{primECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m3/h	-	-
$Q_{primECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh	-	-
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h	-	-
$q_{primstatiqueECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m3/h	-	-

<sup>6</sup> Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)$	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	-	-
$Q_{primstatiqueECS}(h)$	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 <sup>2</sup>	-	3
$R_{échECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur	m <sup>2</sup> .K/W	-	-
$R_{si}$	Résistance thermique surfacique intérieure	m <sup>2</sup> .K/W	-	0,13
$H_{échECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K	-	-
$H_{ECS}$	Coefficient de déperditions des tubes 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 <sup>2</sup>	-	0,8
$\varphi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	W	-	-
$\varphi_{moduleECS}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	W	-	-
$\varphi_{modulestatique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique	W	-	-
$\theta_{moyECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C	-	-
$\theta_{amb}(h)$	Température du volume ambiant	°C	-	-
$\theta_{vc}(h)$	Température du volume chauffé	°C	-	20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors du volume chauffé	°C	-	-
$\theta_{moystatique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C	-	-
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupes sur un pas de temps	m <sup>3</sup> /h	-	-
$\theta_{outprim}(h)$	Température de retour moyenne sur un pas de temps d'une heure du réseau intergroupes	m <sup>3</sup> /h	-	-

$C_{auxgéné}(h)$	Consommations des auxiliaires de génération de tous les modules	Wh	-	-
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommation des auxiliaires des génération d'un module	Wh	-	-
$\varphi_{recup}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par tous les modules	Wh	-	-
$\varphi_{recup}^{mod}(h)$	Flux de chaleur transmis à l'ambiance par un module	Wh	-	-

**Table 1 : Liste exhaustive des variables du modèle**

## 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'appartement,

- 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'appartement.

## 3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Cette partie établit pour chaque module d'appartement 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.

### 1. Modules d'appartement eau chaude sanitaire seule

Cette fiche algorithmique décrit le modèle des modules d'appartement 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'appartement 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.

## 2. Principe et définition

Un module d'appartement est obligatoirement relié :

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

## 3. Calculs des indicateurs du module d'appartement

### Caractérisation

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

$$id_{fonction} = 1 \quad (1)$$

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

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

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1 \quad (2)$$

*Sinon,*

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 0 \quad (3)$$

### Fonctionnement

Le module d'appartement, 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.

## 4. Couverture des besoins ECS

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

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (4)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (5)$$

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

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (6)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (7)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (8)$$

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 :

$$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h) = a \times (P_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (9)$$

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

- a 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 l/h	Temp EFS °C	Temp puisage ECS °C	Temp départ primaire °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 :

$$\begin{aligned} - a_{\text{def}} &= -9,5502 \text{ E } -07 && (1/W.K) \\ - b_{\text{def}} &= 0,07943663 && (1/K) \\ - c_{\text{def}} &= - 407,54714 && (W) \end{aligned}$$

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

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HX ECS}^{mod}(h)} \quad (10)$$

Avec :

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in prim ECS}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (11)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out prim ECS}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (12)$$

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 :

$$Initialisation : \Delta T_s = 1 \quad (13)$$

$$Initialisation DTLM = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX ECS}^{mod}} \quad (14)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (15)$$

Tant que  $Id_{fin} > 0,01$  alors

$$\Delta T_s = \Delta T_s - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) + 1} \quad (16)$$

$$\frac{1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2}$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (17)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out prim ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (18)$$

Dans le cas où la puissance ECS appelée est nulle, on a :

$$\theta_{out\ prim\ ECS}(h) = \theta_{in\ prim\ ECS}(h) - 5 \quad (19)$$

$$\theta_{in\ prim\ ECS}(h) = \theta_{in\ prim\ nom} \quad (20)$$

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

$$q_{prim\ ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times (\theta_{in\ prim\ ECS}(h) - \theta_{out\ prim\ ECS}(h))} \quad (21)$$

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

$$Q_{prim\ ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{prim\ ECS}(h) \times (\theta_{in\ prim\ ECS}(h) - \theta_{out\ prim\ ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (22)$$

$$\text{Avec } Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum ds Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (23)$$

##### 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 nulle.

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 :

$$q_{prim\ statique\ ECS}(h) = q_{maintien\ échangeur\ ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times Nb_{mod} \quad (24)$$

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

$$\theta_{out\ prim\ statique\ ECS}(h) = \theta_{out\ prim\ maintien\ échangeur\ ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \quad (25)$$

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

$$\theta_{in\ prim\ statique\ ECS}(h) = \theta_{in\ prim\ ECS}(h) = \theta_{in\ prim\_nom} \quad (26)$$

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 6. Pertes thermiques) :

$$Q_{\text{prim statique ECS}}(h) = 0 \quad (27)$$

$$\text{Temp}_{\text{statique}}(h) = 1 - \text{Temp}_{\text{ECS}}(h) \quad (28)$$

## 6. Pertes thermiques

### Pertes thermiques de l'échangeur

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m<sup>2</sup> :

$$S_{\text{éch}} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (29)$$

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

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

$$R_{\text{éch ECS}} = \frac{\acute{e}p_{\text{iso éch ECS}}}{\lambda_{\text{iso éch ECS}}} \quad (30)$$

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

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \quad (31)$$

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

$$H_{\text{éch ECS}} = \frac{S_{\text{éch}}}{(R_{\text{si}} + R_{\text{éch ECS}})} \quad (32)$$

### 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  $H_{ECS}$ ), défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (33)$$

### Enveloppe du module d'appartement

Le module d'appartement 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'appartement.

Le coefficient de déperdition du module d'appartement (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  $H_{module}$ .

$$H_{module} = \frac{S_{module}}{(2 \times R_{si} + R_{module})} \quad (34)$$

Avec :

$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.K/W$ . L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.

$R_{module}$  : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en  $\text{m}^2.K/W$ .

$S_{module} = 0,8 \text{ m}^2$  (valeur conventionnelle)

### 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 :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module ECS}(h) + \phi_{module statique}(h) \quad (35)$$

### Pertes thermiques en fonctionnement Eau chaude sanitaire $\phi_{module ECS}$

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 :

$$\theta_{moy ECS}(h) = \frac{\theta_{in prim ECS}(h) + \theta_{out prim ECS}(h)}{2} \quad (36)$$

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

$$\phi_{\text{module\_ECS}} = \frac{(H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}}) \times (\theta_{\text{moy\_ECS}} - \theta_{\text{amb}})}{1 + \frac{1}{H_{\text{mod}}} \times (H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}})} \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{ECS\_seule}} \quad (37)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{\text{amb}}(h) = \theta_{\text{vc}}(h) \quad (38)$$

$$\theta_{\text{vc}}(h) = 20 \quad (39)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{\text{amb}}(h) = \theta_{\text{hvc}}(h) \quad (40)$$

$$\theta_{\text{hvc}}(h) = b_{\text{therm}}(h) \times \theta_{\text{ext}}(h) + (1 - b_{\text{therm}}(h)) \times \theta_{\text{vc}}(h) \quad (41)$$

Pertes thermiques du module en mode statique  $\phi_{\text{module statique}}$

En dehors des puisages d'eau chaude sanitaire, l'échangeur Eau chaude sanitaire et les tubes sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{\text{moy statique}}(h) = \frac{\theta_{\text{in prim statique}}(h) + \theta_{\text{out prim statique}}(h)}{2} \quad (42)$$

Les déperditions du module en dehors des puisages d'eau chaude sanitaire sont donc :

*Si l'échangeur est maintenu en température :*

$$\phi_{\text{module\_statique}} = \frac{(H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}}) \times (\theta_{\text{moy\_statique\_ECS}} - \theta_{\text{amb}})}{1 + \frac{1}{H_{\text{mod}}} \times (H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}})} \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{statique}} \quad (43)$$

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

$$\phi_{\text{statique}}(h) = 0 \quad (44)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{\text{amb}}(h) = \theta_{\text{vc}}(h) \quad (45)$$

$$\theta_{\text{vc}}(h) = 20 \quad (46)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{\text{amb}}(h) = \theta_{\text{hvc}}(h) \quad (47)$$

$$\theta_{\text{hvc}}(h) = b_{\text{therm}}(h) \times \theta_{\text{ext}}(h) + (1 - b_{\text{therm}}(h)) \times \theta_{\text{vc}}(h) \quad (48)$$

## 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 :

$$Q_{totale}(h) = Q_{prim ECS}(h) + Q_{prim statique ECS}(h) + \phi_{module}(h) \quad (49)$$

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

## 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 :

$$q_{moyen}(h) = \max(q_{prim ECS}(h) \times Temps_{ECS}(h) + q_{prim statique ECS}(h) \times Temps_{statique}(h); q_{resid}) \quad (50)$$

## 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 :

$$\theta_{out prim}(h) = \left( \frac{\theta_{out prim ECS}(h) \times q_{prim ECS}(h) + \theta_{out prim statique ECS}(h) \times q_{prim statique ECS}(h)}{q_{prim ECS}(h) + q_{prim statique ECS}(h)} \right) \quad (51)$$

## 11. Auxiliaires de generation

Les circulateurs inclus dans les modules d'appartement 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 :

$$C_{aux généré}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux généré}^{mod}(h) \quad (52)$$

Avec :

$$C_{aux généré}^{mod}(h) = P_{aux fct} \times Temps_{ECS}(h) + P_{aux arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (53)$$

## 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 :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (54)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}(h) + C_{aux}^{mod} g_{éné}(h)) \quad (55)$$

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

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) = 1 \quad (56)$$

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,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (57)$$

Si  $id_{circ} = 1$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (58)$$

Si  $id_{circ} = 2$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left( \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (59)$$

Si  $id_{circ} = 3$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left( 0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left( \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (60)$$

ANNEXE 3  
Fiche Algorithmique n°2 « Modules ECS et chauffage direct »

1. NOMENCLATURE DU MODELE

Entrées <sup>1</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>2</sup>	Def <sup>3</sup>
$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C		
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C		
$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon	Réel		
$A^{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservi par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m <sup>2</sup>		
$Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoin d'ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh		
$\theta_{2nd-e}^{ds-e}$	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C		
$q_{eff}^{ds}(h)$	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage	m <sup>3</sup> /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		
$Q_{sys\_ch}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe $ds$ en chauffage	Wh		
$Mod_{pertes}^{ds}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau des groupes	Réel	0 - 1	

<sup>1</sup> Valeurs opérées par d'autres modules.

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

<sup>3</sup> Valeur par défaut.

Paramètres d'intégration du module <sup>4</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>5</sup>	Def
$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : <i>1 : ECS seule,</i> <i>2 : ECS et chauffage direct,</i> <i>3 : ECS et chauffage indirect.</i>		-	1 - 3
$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp}$	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 circulateur : <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	
$a, b, c$	Coefficients caractéristiques de l'échangeur ECS par module	-	-	-
$\theta_{in\_prim\_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>50°C	-
$q_{maintien\ échangeur\ ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m <sup>3</sup> /h	-	-
$Nb_{mod}$	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-	-	-
$\theta_{outprimmaintien\ échangeur\ ECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C	-	-
$\epsilon_{p_{iso\ échangeur\ ECS}}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m	-	-
$\lambda_{iso\ échangeur\ ECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/m.K	-	-
$U_{ECS}$	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/m.K	-	-
$L_{ECS}$	Longueur des tubes ECS dans un module	m	-	-
$U_{mixte}$	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/m.K	-	-
$L_{mixte}$	Longueur des tubes mixtes dans un module	m	-	-
$U_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/m.K	-	-

<sup>4</sup> Rentrés par l'utilisateur

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

$L_{chauffage}$	Longueur des tubes chauffage dans un module	m	-	-
$R_{module}$	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'appartement	m <sup>2</sup> .K/W	-	-
$P_{auxfct}$	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W	-	-
$P_{auxarret}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W	-	-
$q_{resid}$	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m <sup>3</sup> /h	-	-
$q_{nom}$	Débit nominal du réseau intergroupes	m <sup>3</sup> /h	-	-
$\delta_{prod\_ECS\_CH}$	Indicateur de production simultanée d'ECS et de chauffage 0 : production alternée 1 : production simultanée	Réel	0 - 1	-

#### Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Mod_{pertes}(h)$	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<sup>6</sup>

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$q^{mod}_{ECS}$	Débit de puisage ECS par module	m <sup>3</sup> /h	-	0,72
$q_{ECS}$	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m <sup>3</sup> /h	-	-
$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W	-	-
$C_{p_{eau}}$	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m <sup>3</sup> / K	-	1,16
$\rho_{eau}$	Masse volumique de l'eau	kg/m <sup>3</sup>	-	1000
$\theta_{2nd-e}$	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C	-	-

<sup>6</sup> Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W	-	-
$UA_{HXECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'appartement	W/K	-	-
$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K	-	-
$\Delta T_e(h)$	Ecart de température entre la température d'entrée au primaire et la température de production ECS	K	-	-
$\Delta T_s(h)$	Ecart de température entre la température de sortie au primaire et la température d'EFS	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	-	-
$q_{primECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m <sup>3</sup> /h	-	-
$Q_{primECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh	-	-
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h	-	-
$q_{primstatiqueECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m <sup>3</sup> /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	-	-
$Q_{primstatiqueECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir les échangeurs en température	Wh	-	-
$Temps_{statique}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h	-	-
$S_{éch}$	Surface extétrieure d'un échangeur	m <sup>2</sup>	-	0,3
$R_{échECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur	m <sup>2</sup> .K/W	-	-
$R_{si}$	Résistance thermique superficielle	m <sup>2</sup> .K/W	-	0,13
$H_{échECS}$	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 <sup>2</sup>	-	0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh	-	-
$\Phi_{moduleECS}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh	-	-
$\Phi_{modulestatique}(h)$	Pertes thermiques du module en mode statique	Wh	-	-
$\Phi_{moduleCH}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement chauffage	Wh	-	-
$\theta_{moyECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C	-	-
$\theta_{amb}(h)$	Température du volume ambiant	°C	-	-
$\theta_{vc}(h)$	Température du volume chauffé	°C	-	20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors du volume chauffé	°C	-	-
$\theta_{moystatique}(h)$	Température moyenne de l'ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C	-	-
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupes sur un pas de temps	m <sup>3</sup> /h	-	-
$\theta_{outprim}(h)$	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	-	-
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommation des auxiliaires des génération 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 <sup>3</sup> /h	-	-
$q_{primchauffage}(h)$	Débit de chauffage requis au primaire de tous les modules en fonctionnement chauffage	m <sup>3</sup> /h	-	-
$Temps_{ECS}^{CH}(h)$	Temps de couverture simultané des besoins ECS et chauffage	h	-	-

Temps <sub>CH</sub> (h)	Temps de couverture des besoins de chauffage	h	-	-
Temps <sub>ECS seule</sub> (h)	Temps de couverture des besoins ECS seuls	h	-	-
Temps <sub>CH seul</sub> (h)	Temps de couverture des besoins de chauffage seuls	h	-	-

**Table 1 : Liste exhaustive des variables du modèle**

## 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'appartement,

- 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'appartement.

## 3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Cette partie établit pour chaque module d'appartement 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.

### 1. Modules d'appartement eau chaude sanitaire & chauffage direct

Cette fiche algorithme décrit le modèle des modules d'appartement 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'appartement 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.

## 2. Principe et définition

Un module d'appartement est obligatoirement relié :

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

## 3. Calculs des indicateurs du module d'appartement

### Caractérisation

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

$$id_{fonction} = 2 \quad (1)$$

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

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

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1 \quad (2)$$

*Sinon,*

$$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 0 \quad (3)$$

La production de chauffage et d'ECS peut être alternée ou simultanée :

*Si la production de chauffage et d'ECS est simultanée, alors*

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 1 \quad (4)$$

*Sinon*

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 0 \quad (5)$$

### Fonctionnement

Le module d'appartement, 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).

#### 4. Couverture des besoins ECS

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

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (6)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (7)$$

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

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (8)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (9)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (10)$$

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 :

$$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h) = a \times (P_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (11)$$

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 depart 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 :

$$\begin{aligned}
 - a_{\text{def}} &= -9,5502 \text{ E } -07 && (1/W.K) \\
 - b_{\text{def}} &= 0,07943663 && (1/K) \\
 - c_{\text{def}} &= - 407,54714 && (W)
 \end{aligned}$$

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

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HX ECS}^{mod}(h)} \quad (12)$$

Avec :

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in \text{ prim ECS}}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (13)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out \text{ prim ECS}}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (14)$$

Note : La température en entrée de l'échangeur à plaques est égale à la température en entrée de module :  $\theta_{in \text{ prim ECS}}(h) = \theta_{in \text{ prim nom}}$ .

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

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

$$\text{Initialisation : } \Delta T_s = 50 \quad (15)$$

$$\text{Initialisation DTLM} = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX\ ECS}^{mod}} \quad (16)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (17)$$

Tant que  $Id_{fin} > 0.01$  alors

$$\Delta T_s = \Delta T_s - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2}} \quad (18)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (19)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out\ prim\ ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (20)$$

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

$$q_{prim\ ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times (\theta_{in\ prim\ ECS}(h) - \theta_{out\ prim\ ECS}(h))} \quad (21)$$

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

$$Q_{prim\ ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{prim\ ECS}(h) \times (\theta_{in\ prim\ ECS}(h) - \theta_{out\ prim\ ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (22)$$

$$\text{Avec } Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (23)$$

## 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 by-pass et débit variable dans le module (avec ou sans vanne à deux voies tout ou rien présente en amont du by-pass 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 :

$$\theta_{in\_prim\_ch}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (24)$$

Le débit du réseau intergroupes est défini par :

$$q_{prim\_ch}(h) = \sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \frac{(\theta_{dep}^{ds}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h))}{(\theta_{in\_prim\_ch}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h))} \quad (25)$$

La température du réseau intergroupes est définie par :

$$\theta_{out\_prim\_ch}(h) = \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (26)$$

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

$$Q_{prim\_ch}(h) = \sum_{ds} Q_{sys\_ch}^{ds}(h) \quad (27)$$

## 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 :

$$q_{\text{prim statique ECS}}(h) = q_{\text{maintien échangeur ECS}} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times Nb_{\text{mod}} \quad (28)$$

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

$$\theta_{\text{out prim statique ECS}}(h) = \theta_{\text{out prim maintien échangeur ECS}} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \quad (29)$$

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

$$\theta_{\text{in prim statique ECS}}(h) = \theta_{\text{in prim ECS}}(h) = \theta_{\text{in prim\_nom}} \quad (30)$$

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 :

$$Q_{\text{prim statique ECS}}(h) = \rho_{\text{eau}} \times C_{p \text{ eau}} \times q_{\text{prim statique ECS}}(h) \times \left( \theta_{\text{in prim statique ECS}}(h) - \theta_{\text{out prim statique ECS}}(h) \right) \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{statique}}(h) \quad (31)$$

$$Temps_{\text{statique}}(h) = 1 - Temps_{\text{ECS}}(h) \quad (32)$$

## 7. Pertes thermiques

### Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m<sup>2</sup> :

$$S_{\text{éch}} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (33)$$

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

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

$$R_{\text{éch ECS}} = \frac{\acute{e}p_{\text{iso éch ECS}}}{\lambda_{\text{iso éch ECS}}} \quad (34)$$

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

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \quad (35)$$

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

$$H_{éch ECS} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch ECS})} \quad (36)$$

#### 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 :

$$H_{mixte} = U_{mixte} \times L_{mixte} \quad (37)$$

#### 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 :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (38)$$

#### 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 :

$$H_{chauffage} = U_{chauffage} \times L_{chauffage} \quad (39)$$

#### Enveloppe du module d'appartement

Le module d'appartement 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'appartement.

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

$$H_{\text{module}} = \frac{S_{\text{module}}}{(2 \times R_{\text{si}} + R_{\text{module}})} \quad (40)$$

Avec :

$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci.

$R_{\text{module}}$  : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

$S_{\text{module}} = 0,8 \text{ m}^2$  (valeur conventionnelle).

## 8. Temps de fonctionnement dans chaque mode

### Mode ECS

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

$$\text{Temps}_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{w\_2nd-eds-e}(h)}{P_{ECS}(h)} \quad (41)$$

Avec  $B_{ECS}$  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 :

$$\text{Temps}_{ECS}(h) = 0 \quad (42)$$

### Mode Chauffage et ECS

Cas de la production simultanée de chauffage et d'ECS :  $\delta_{\text{prod\_ECS\_CH}} = 1$

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

$$\text{Temps}_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} \text{Mod}_{\text{pertes}}^{ds}(h)}{Nb_{\text{groupes}}} \quad (43)$$

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

$$\text{Temps}_{CH}(h) = 0 \quad (44)$$

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) :

$$\text{Temps}_{ECS\ CH}(h) = \min(\text{Temps}_{ECS}(h); \text{Temps}_{CH}(h)) \quad (45)$$

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 :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} - Temps_{ECS}(h) \quad (46)$$

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

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (47)$$

On a aussi :

$$Temps_{ECS\ CH}(h) = 0 \quad (48)$$

### Mode statique

Afin de rendre compte au mieux du fonctionnement « séquentiel » du module d'appartement, 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 ».

$$Temps_{ECS\ seule}(h) = \max(0; Temps_{ECS}(h) - Temps_{ECS\ CH}(h)) \quad (49)$$

$$Temps_{CH\ seul}(h) = \max(0; Temps_{CH}(h) - Temps_{ECS\ CH}(h)) \quad (50)$$

$$Temps_{statique}(h) = \max(0; 1 - Temps_{ECS\ CH}(h) - Temps_{ECS}(h) - Temps_{CH}(h)) \quad (51)$$

## 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 :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module\ CH\ seul}(h) + \phi_{module\ ECS\ seule}(h) + \phi_{module\ ECS\ CH}(h) + \phi_{module\ statique}(h) \quad (52)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \quad (53)$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \quad (54)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \quad (55)$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (56)$$

Pertes thermiques en fonctionnement chauffage et ECS

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

$$\theta_{moy\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ ECS}(h) + \theta_{out\ prim\ ECS}(h)}{2} \quad (57)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\ CH}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ CH}(h) + \theta_{out\ prim\ CH}(h)}{2} \quad (58)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\ mixte\ ECS\ CH}(h) = MAX(\theta_{moy\ ECS}(h); \theta_{moy\ CH}(h)) \quad (59)$$

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

$$\phi_{module\_ECS\_CH} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_CH} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH} - \theta_{amb}) + H_{chauffage} \times (\theta_{moy\_CH} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})} \quad (60)$$

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 :

$$\theta_{moy\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ ECS}(h) + \theta_{out\ prim\ ECS}(h)}{2} \quad (61)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy\ mixte\ ECS}(h) = \theta_{moy\ ECS}(h) \quad (62)$$

Les tubes chauffage sont supposés non maintenus en température.

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

$$\phi_{module\_ECS} = Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_seule} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte})} \quad (63)$$

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:

$$\theta_{moy\ statique\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ statique\ prim\ ECS}(h) + \theta_{out\ statique\ prim\ ECS}(h)}{2} \quad (64)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\ CH}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ CH}(h) + \theta_{out\ prim\ CH}(h)}{2} \quad (65)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\ mixte\ ECS\ CH}(h) = MAX(\theta_{moy\ ECS}(h); \theta_{moy\ CH}(h)) \quad (66)$$

Les déperditions du module en mode chauffage uniquement sont donc :

$$\phi_{module\ CH} = Nb_{mod} \times Temps_{CH\ seul} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{moy\ statique\ ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\ mixte\ CH} - \theta_{amb}) + (H_{CH}) \times (\theta_{moy\ chauffage} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}))} \quad (67)$$

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:

$$\theta_{moy\ statique\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ statique\ ECS}(h) + \theta_{out\ prim\ statique\ ECS}(h)}{2} \quad (68)$$

Les tubes chauffage sont supposés non maintenus en température.

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy\ statique\ mixte}(h) = \theta_{moy\ statique\ ECS}(h) \quad (69)$$

Les déperditions du module en fonctionnement statique sont donc :

*Si l'échangeur est maintenu en température :*

$$\phi_{module\ statique} = Nb_{mod} \times Temps_{statique} \times \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{moy\ statique\ ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\ mixte\ statique} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{mixte})} \quad (70)$$

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

$$\phi_{module\ statique}(h) = 0 \quad (71)$$

### 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 :

$$Q_{totale}(h) = Q_{prim\ ECS}(h) + Q_{prim\ CH}(h) + Q_{prim\ statique\ ECS}(h) + \phi_{module}(h) \quad (72)$$

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

### 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 :

$$q_{moyen}(h) = \max\left(\left(q_{prim\ ECS}(h) + q_{prim\ CH}(h)\right) \times Temps_{ECS\ CH} + \left(q_{prim\ ECS}\right) \times seule + \left(q_{prim\ statique\ ECS}(h) + q_{prim\ CH}(h)\right) \times Temps_{ECS\ seule} + \left(q_{prim\ statique\ ECS}(h) + q_{prim\ statique\ CH}(h)\right) \times Temps_{statique}; q_{resid}\right) \quad (73)$$

### 12. 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 :

$$\theta_{out\_prim}^{mod\_EQ} = \frac{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ch}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ}}{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ}} \quad (74)$$

### 13. Auxiliaires de generation

Les circulateurs inclus dans les modules d'appartement 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 :

$$C_{aux\_gén\acute{e}}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux\ gén\acute{e}}^{mod} \quad (75)$$

Avec :

$$C_{aux\ gén\acute{e}}^{mod}(h) = P_{aux\ fct} \times (Temps_{ECS\ CH}(h) + Temps_{ECS\ seule}(h) + Temps_{CH\ seul}(h)) + P_{aux\ arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (76)$$

#### 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 :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (77)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}(h) + C_{aux}^{mod} g_{éné}(h)) \quad (78)$$

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

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) = 1 \quad (79)$$

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,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (80)$$

Si  $id_{circ} = 1$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (81)$$

Si  $id_{circ} = 2$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left( \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (82)$$

Si  $id_{circ} = 3$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left( 0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left( \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (83)$$

ANNEXE 4

Fiche Algorithmique n°3 « Modules ECS et chauffage indirect »

1. NOMENCLATURE DU MODELE

Table 1 : Liste exhaustive des variables du modèle

Entrées <sup>1</sup>					
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>2</sup>	Def <sup>3</sup>	
$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C			
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C			
$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon	Réel			
$A^{gr.em-e}$	Surface d'un groupe desservi par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m <sup>2</sup>			
$Q_{w\_2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoin d'ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh			
$\theta_{2nd-e}^{ds-e}$	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C			
$q_{eff}^{ds}(h)$	Débit volumique dans le réseau du groupe en chauffage	m <sup>3</sup> /h			
$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température de départ du réseau du groupe <i>ds</i> , pour le chauffage	°C			
$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température de retour du réseau du groupe <i>ds</i> , pour le chauffage	°C			
$Q_{sys\_ch}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe <i>ds</i> en chauffage	Wh			
$Mod_{pertes}^{ds}(h)$	Coefficient de modulation des pertes du réseau des groupes	Réel	0 - 1	-	

<sup>1</sup> Valeurs opérées par d'autres modules

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

<sup>3</sup> Valeur par défaut

Paramètres d'intégration du module <sup>4</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>5</sup>	Def
$id_{fonction}$	Fonction du réseau de distribution intergroupes mixte : <i>1 : ECS seule,</i> <i>2 : ECS et chauffage direct,</i> <i>3 : ECS et chauffage indirect.</i>	-	1 - 3	
$\delta_{M\_ech\_ECS\_temp}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur ECS : 0 : pas de maintien en température 1 : maintien en température	-	0 - 1	
$\delta_{M\_ech\_CH\_temp}$	Indicateur de maintien en température de l'échangeur Chauffage : 0 : pas de maintien en température 1 : maintien en température	-	0 - 1	
$id_{circ}$	Mode de régulation du circulateur : <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	
$a, b, c$	Coefficients caractéristiques de l'échangeur ECS par module	-	-	-
$a_{CH}, b_{CH}, c_{CH}$	Coefficients caractéristiques de l'échangeur chauffage par module	-	-	-
$\theta_{in\_prim\_nom}$	Température de départ du réseau intergroupes	°C	>50°C	-
$q_{maintien\acute{e}changeur\ ECS}$	Débit de maintien en température d'un échangeur ECS	m3/h	-	-
$q_{maintien\acute{e}changeur\ Chauffage}$	Débit de maintien en température d'un échangeur Chauffage	m3/h	-	-

<sup>4</sup> Rentrés par l'utilisateur.

<sup>5</sup> Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul.

Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code.  
Préciser l'exclusion des bornes ( [...], [...], etc.).

$Nb_{mod}$	Nombre de modules raccordés au réseau intergroupes	-	-	-
$\theta_{outprimmaintien\acute{e}changeurECS}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur ECS	°C	-	-
$\theta_{outprimmaintien\acute{e}changeurChauffage}$	Température nominale de sortie du module en mode de maintien en température de l'échangeur Chauffage	°C	-	-
$\acute{e}p_{iso\acute{e}chECS}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur ECS	m	-	-
$\lambda_{iso\acute{e}chECS}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur	W/m.K	-	-
$\acute{e}p_{iso\acute{e}chCH}$	Épaisseur de l'isolant recouvrant l'échangeur chauffage	m	-	-
$\lambda_{iso\acute{e}chCH}$	Conductivité thermique de l'isolant recouvrant l'échangeur chauffage	W/m.K	-	-
$U_{ECS}$	Coefficient de déperditions des tubes ECS dans un module	W/m.K	-	-
$L_{ECS}$	Longueur des tubes ECS dans un module	m	-	-
$U_{mixte}$	Coefficient de déperditions des tubes mixtes dans un module	W/m.K	-	-
$L_{mixte}$	Longueur des tubes mixtes dans un module	m	-	-
$U_{chauffage}$	Coefficient de déperditions des tubes chauffage dans un module	W/m.K	-	-
$L_{chauffage}$	Longueur des tubes chauffage dans un module	m	-	-
$R_{module}$	Résistance thermique de l'isolant inclus dans la coque d'un module d'appartement	m <sup>2</sup> .K/W	-	-
$P_{auxfct}$	Puissance des auxiliaires de génération en fonctionnement d'un module	W	-	-
$P_{auxarr\acute{e}t}$	Puissance des auxiliaires de génération à l'arrêt d'un module	W	-	-
$q_{resid}$	Débit résiduel (ou minimal) dans le réseau intergroupe	m <sup>3</sup> /h	-	-
$q_{nom}$	Débit nominal du réseau intergroupes	m <sup>3</sup> /h	-	-
$\delta_{prod\_ECS\_CH}$	Indicateur de production simultanée d'ECS et de chauffage 0 : production alternée 1 : production simultanée	Réel	0 – 1	-

<b>Sorties</b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
$Mod_{pertes}(h)$	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	-	-
<b>Variables internes<sup>6</sup></b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
$q^{mod}_{ECS}$	Débit de puisage ECS par module	m3/h	-	0,72
$q_{ECS}$	Débit de puisage ECS pour tous les modules	m3/h	-	-
$P_{ECS}(h)$	Puissance appelée en ECS pour chaque pas de temps	W	-	-
$C_{p_{eau}}$	Capacité calorifique de l'eau	Wh/m3/ K	-	1,16
$\rho_{eau}$	Masse volumique de l'eau	kg/m3	-	1000
$\theta_{2nd-e}$	Température moyenne de puisage pour les appareils raccordés	°C	-	-
$P_{ECS}^{mod}(h)$	Puissance ECS pour chaque pas de temps sur chaque module	W	-	-
$UA_{HXECS}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'appartemenr	W/K	-	-
$P_{CH}^{mod}(h)$	Puissance chauffage pour chaque pas de temps sur chaque module	W	-	-
$UA_{HXCH}^{mod}(h)$	Coefficient d'échange thermique pour chaque module d'appartemen en chauffage	W/K	-	-
$DTLM(h)$	Différence de température logarithmique sur le pas de temps	K	-	-
$\Delta T_e(h)$	Ecart de température entre la température d'entrée au primaire et la température de sortie au secondaire	K	-	-

<sup>6</sup> Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$\Delta T_s(h)$	Ecart de température entre la température de sortie au primaire et la température d'entrée au secondaire	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	-	-
$q_{primECS}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage ECS	m3/h	-	-
$Q_{primECS}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins ECS	Wh	-	-
$Tempsstatique_{ECS}(h)$	Temps de maintien en température de l'échangeur ECS	h	-	-
$Temps_{ECS}(h)$	Temps de couverture des besoins ECS	h	-	-
$q_{primstatiqueECS}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs ECS raccordés au réseau intergroupes	m3/h	-	-
$\theta_{out\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en sortie de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C	-	-
$\theta_{in\_prim\_statique\_ECS}(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques ECS lors du maintien en température de l'échangeur	°C	-	-
$Q_{primstatiqueECS}(h)$	Energie à fournir pour maintenir l'échangeur ECS 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	-	-
$q_{primCH}(h)$	Débit primaire dans le réseau intergroupe en puisage CH	m3/h	-	-
$Q_{primCH}(h)$	Energie à fournir pour la couverture des besoins CH	Wh	-	-
$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins de chauffage	h	-	-
$Tempsstatique_{CH}(h)$	Temps de maintien en température de l'échangeur de chauffage	h	-	-
$q_{primstatiqueCH}(h)$	Débit de maintien en température des échangeurs CH raccordés au réseau intergroupes	m3/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	-	-

$\theta_{in\_prim\_statique\_C}$ $H(h)$	Température primaire en entrée de l'échangeur à plaques CH lors du maintien en température de l'échangeur	°C	-	-
$Q_{primstatiqueCH}(h)$	Energie à fournir pour maintenir l'échangeur Chauffage en température	Wh	-	-
$Temps_{statique}(h)$	Temps de maintien en température des échangeurs	h	-	-
$S_{éch}$	Surface extérieure d'un échangeur	m <sup>2</sup>	-	0,3
$R_{échECS}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur ECS	m <sup>2</sup> .K/W	-	-
$R_{échCH}$	Résistance thermique de l'isolant protégeant l'échangeur chauffage	m <sup>2</sup> .K/W	-	-
$R_{si}$	Résistance thermique superficielle	m <sup>2</sup> .K/W	-	0,13
$H_{échECS}$	Coefficient de déperditions de l'échangeur ECS	W/K	-	-
$H_{échCH}$	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 <sup>2</sup>	-	0,8
$\Phi_{module}(h)$	Pertes thermiques totales du module sur un pas de temps horaire	Wh	-	-
$\Phi_{moduleECSseul}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh	-	-
$\Phi_{moduleCHseul}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement chauffage	Wh	-	-
$\Phi_{moduleECS}$ $CH(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement mixte	Wh	-	-
$\Phi_{modulestatique}(h)$	Pertes thermiques du module en fonctionnement ECS	Wh	-	-
$\theta_{moyECS}(h)$	Température moyenne de l'ECS dans un module au cours d'un puisage	°C	-	-

$\theta_{amb}(h)$	Température du volume ambiant	°C	-	-
$\theta_{vc}(h)$	Température du volume chauffé	°C	-	20
$\theta_{hvc}(h)$	Température hors du volume chauffé	°C	-	-
$\theta_{moystatique}(h)$	Température moyenne en mode statique lors du maintien en température des échangeurs	°C	-	-
$q_{moyen}(h)$	Débit moyen circulant dans le réseau intergroupes sur un pas de temps	m <sup>3</sup> /h	-	-
$\theta_{outprim}(h)$	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	-	-
$C_{auxgéné}^{mod}(h)$	Consommation des auxiliaires des génération 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 <sup>3</sup> /h	-	-
$q_{primchauffage}(h)$	Débit de chauffage requis au primaire de tous les modules en fonctionnement chauffage	m <sup>3</sup> /h	-	-
$Temps_{ECS\_CH}(h)$	Temps de couverture simultané des besoins ECS et chauffage	h	-	-
$Temps_{CH}(h)$	Temps de couverture des besoins de 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	-	-

## 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'appartement,

- 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'appartement.

## 3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Cette partie établit pour chaque module d'appartement 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.

### 1. Modules d'appartement eau chaude sanitaire & chauffage indirect

Cette fiche algorithme décrit le modèle des modules d'appartement 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'appartement 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.

## 2. Principe et définition

Un module d'appartement est obligatoirement relié :

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

## 3. Calculs des indicateurs du module d'appartement

### Caractérisation

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

$$id_{fonction} = 3 \quad (1)$$

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

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

$$\delta_{M_{ech\_ECS\_temp}} = 1 \quad (2)$$

*Sinon,*

$$\delta_{M_{ech\_ECS\_temp}} = 0 \quad (3)$$

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

*Si l'échangeur Chauffage est maintenu en température, alors*

$$\delta_{M_{ech\_CH\_temp}} = 1 \quad (2)$$

*Sinon,*

$$\delta_{M_{ech\_CH\_temp}} = 0 \quad (3)$$

La production de chauffage et d'ECS peut être alternée ou simultanée :

*Si la production de chauffage et d'ECS est simultanée, alors*

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 1 \quad (4)$$

*Sinon*

$$\delta_{prod\_ECS\_CH} = 0 \quad (5)$$

### Fonctionnement

Le module d'appartement, 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 indirect 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).

#### 4. Couverture des besoins ECS

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

$$q_{ECS}^{mod} = 12 \text{ l/min} = 720 \text{ l/h} \quad (6)$$

$$q_{ECS} = q_{ECS}^{mod} \times Nb_{mod} \quad (7)$$

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

$$P_{ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{ECS} \times (\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}(h)) \quad (8)$$

$$\theta_{2nd-e} = \frac{\sum_{ds} \theta_{2nd-e}^{ds-e} \times Q_{2nd-e}^{ds-e}}{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}} \quad (9)$$

$$P_{ECS}^{mod}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{Nb_{mod}} \quad (10)$$

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 :

$$UA_{HX\_ECS}^{mod}(h) = a \times (P_{ECS}^{mod}(h))^2 + b \times P_{ECS}^{mod}(h) + c \quad (11)$$

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

- a 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 depart 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 :

$$\begin{aligned}
 - a_{\text{def}} &= -9,5502 \text{ E } -07 && (1/\text{W.K}) \\
 - b_{\text{def}} &= 0,07943663 && (1/\text{K}) \\
 - c_{\text{def}} &= - 407,54714 && (\text{W})
 \end{aligned}$$

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

$$DTLM(h) = \frac{\Delta T_e(h) - \Delta T_s(h)}{\ln\left(\frac{\Delta T_e(h)}{\Delta T_s(h)}\right)} = \frac{P_{ECS}^{mod}(h)}{UA_{HX ECS}^{mod}(h)} \quad (12)$$

Avec :

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in \text{ prim ECS}}(h) - \theta_{2nd-e} \quad (13)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out \text{ prim ECS}}(h) - \theta_{cw}(h) \quad (14)$$

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

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

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

$$\text{Initialisation : } \Delta T_s = 50 \quad (15)$$

$$\text{Initialisation DTLM} = \frac{P_{ECS}^{mod}}{UA_{HX\ ECS}^{mod}} \quad (16)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (17)$$

Tant que  $Id_{fin} > 0.01$  alors

$$\Delta T_s = \Delta T_s - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2}} \quad (18)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (19)$$

*Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.*

On en déduit :

$$\theta_{out\ prim\ ECS}(h) = \Delta T_s(h) + \theta_{cw}(h) \quad (20)$$

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

$$q_{prim\ ECS}(h) = \frac{P_{ECS}(h)}{\rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times (\theta_{in\ prim\ ECS}(h) - \theta_{out\ prim\ ECS}(h))} \quad (21)$$

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

$$Q_{prim\ ECS}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times q_{prim\ ECS}(h) \times (\theta_{in\ prim\ ECS}(h) - \theta_{out\ prim\ ECS}(h)) \times Temps_{ECS}(h) \quad (22)$$

$$\text{Avec } Temps_{ECS}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{2nd-e}^{ds-e}}{P_{ECS}(h)} \quad (23)$$

## 5. Couverture des besoins en chauffage

Le chauffage est réalisé de manière indirecte, 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 :

$$\theta_{in\_prim\_ch}(h) = \theta_{in\_prim\_nom} \quad (24)$$

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

$$Q_{prim\_ch}(h) = \sum_{ds} Q_{sys\_ch}^{ds}(h) \quad (25)$$

La somme des puissances des échangeurs à plaques de chaque module fournie au chauffage est défini de la manière suivante :

$$P_{CH}(h) = \rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times \sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times (\theta_{dep}^{ds}(h) - \theta_{ret}^{ds}(h)) \quad (26)$$

$$P_{CH}^{mod}(h) = \frac{P_{CH}(h)}{Nb_{mod}} \quad (27)$$

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 chauffage peut être calculé :

$$UA_{HX\_CH}^{mod}(h) = a_{CH} \times (P_{CH}^{mod}(h))^2 + b_{CH} \times P_{CH}^{mod}(h) + c_{CH} \quad (28)$$

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

- a 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 depart 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)

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

$$DTLM(h) = \frac{\Delta Te(h) - \Delta Ts(h)}{\ln\left(\frac{\Delta Te(h)}{\Delta Ts(h)}\right)} = \frac{P_{CH}^{mod}(h)}{UA_{HX\ CH}^{mod}(h)} \quad (29)$$

Avec :

$$\Delta T_e(h) = \theta_{in\ prim\ CH}(h) - \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{dep}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (30)$$

$$\Delta T_s(h) = \theta_{out\ prim\ CH}(h) - \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (31)$$

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 :

$$Initialisation : \Delta T_s = 50 \quad (32)$$

$$Initialisation\ DTLM = \frac{P_{CH}^{mod}}{UA_{HX\ CH}^{mod}} \quad (33)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (34)$$

Tant que  $Id_{fin} > 0.01$  alors

$$\Delta T_s = \Delta T_s - \frac{DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}}{\frac{-\Delta T_e}{\Delta T_s} + \ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right) - 1} \cdot \frac{1}{\left(\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)\right)^2} \quad (35)$$

$$Id_{fin} = \left| DTLM - \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \right| \quad (36)$$

Remarque : il faut arrêter le compteur après 500 itérations.

On en déduit :

$$\theta_{out\ prim\ CH}(h) = \Delta T_s(h) + \frac{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h) \times \theta_{ret}^{ds}(h)}{\sum_{ds} q_{eff}^{ds}(h)} \quad (37)$$

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

$$q_{prim\ CH}(h) = \frac{P_{CH}(h)}{\rho_{eau} \times C_{p\ eau} \times (\theta_{in\ prim\ CH}(h) - \theta_{out\ prim\ CH}(h))} \quad (38)$$

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:

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} \quad (58)$$

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

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (59)$$

## 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 :

$$q_{prim\ statique\ ECS}(h) = q_{maintien\ échangeur\ ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times Nb_{mod} \quad (39)$$

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

$$\theta_{out\ prim\ statique\ ECS}(h) = \theta_{out\ prim\ maintien\ échangeur\ ECS} \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \quad (40)$$

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

$$\theta_{in\ prim\ statique\ ECS}(h) = \theta_{in\ prim\ ECS}(h) = \theta_{in\ prim\_nom} \quad (41)$$

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 :

$$Q_{\text{prim statique ECS}}(h) = \rho_{\text{eau}} \times C_{p \text{ eau}} \times q_{\text{prim statique ECS}}(h) \times (\theta_{\text{in prim statique ECS}}(h) - \theta_{\text{out prim statique ECS}}(h)) \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{statique ECS}}(h) \quad (42)$$

$$Temps_{\text{statique ECS}}(h) = 1 - Temps_{\text{ECS}}(h) \quad (43)$$

### 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 :

$$q_{\text{prim statique CH}}(h) = q_{\text{maintien échangeur CH}} \times \delta_{M_{\text{ech\_CH\_temp}}} \times Nb_{\text{mod}} \quad (39)$$

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

$$\theta_{\text{out prim statique CH}}(h) = \theta_{\text{out prim maintien échangeur CH}} \times \delta_{M_{\text{ech\_CH\_temp}}} \quad (40)$$

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

$$\theta_{\text{in prim statique CH}}(h) = \theta_{\text{in prim CH}}(h) = \theta_{\text{in prim\_nom}} \quad (41)$$

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 :

$$Q_{\text{prim statique CH}}(h) = \rho_{\text{eau}} \times C_{p \text{ eau}} \times q_{\text{prim statique CH}}(h) \times (\theta_{\text{in prim statique CH}}(h) - \theta_{\text{out prim statique CH}}(h)) \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{statique CH}}(h) \quad (42)$$

$$Temps_{\text{statique CH}}(h) = 1 - Temps_{\text{CH}}(h) \quad (43)$$

## 7. Pertes thermiques

### Pertes thermiques de l'échangeur ECS

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m<sup>2</sup> :

$$S_{éch} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (44)$$

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

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

$$R_{éch ECS} = \frac{\acute{e}p_{iso éch ECS}}{\lambda_{iso éch ECS}} \quad (45)$$

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

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (46)$$

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

$$H_{éch ECS} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch ECS})} \quad (47)$$

### Pertes thermiques de l'échangeur Chauffage

La surface extérieure de l'échangeur est forfaitairement fixée à 0,3m<sup>2</sup> :

$$S_{éch} = 0,3 \text{ m}^2 \quad (48)$$

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

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

$$R_{éch CH} = \frac{\acute{e}p_{iso éch CH}}{\lambda_{iso éch CH}} \quad (49)$$

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

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W} \quad (50)$$

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

$$H_{éch CH} = \frac{S_{éch}}{(R_{si} + R_{éch CH})} \quad (51)$$

#### 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 l'échangeur 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  $H_{mixte}$ ), défini par :

$$H_{mixte} = U_{mixte} \times L_{mixte} \quad (52)$$

#### 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  $H_{ECS}$ ), défini par :

$$H_{ECS} = U_{ECS} \times L_{ECS} \quad (53)$$

#### Tubes primaires usage chauffage

Ces longueurs sont les tubes situés à l'intérieur du module après la dérivation vers l'échangeur Chauffage. L'influence des tubes côté secondaire est négligée.

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  $H_{chauffage}$ ), défini par :

$$H_{chauffage} = U_{chauffage} \times L_{chauffage} \quad (54)$$

### Enveloppe du module d'appartement

Le module d'appartement 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'appartement.

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

$$H_{\text{module}} = \frac{S_{\text{module}}}{(2 \times R_{\text{si}} + R_{\text{module}})} \quad (55)$$

Avec :

$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ . L'échange convectif avec l'air se fait à l'intérieur du module et à l'extérieur de celui-ci).

$R_{\text{module}}$  : la résistance thermique de l'isolation du module à saisir par l'utilisateur, en  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ .

$S_{\text{module}} = 0,8 \text{ m}^2$  (valeur conventionnelle).

## 8. Temps de fonctionnement dans chaque mode

### Mode ECS

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

$$\text{Temps}_{\text{ECS}}(h) = \frac{\sum_{ds} Q_{w\_2nd-eds-e}(h)}{P_{\text{ECS}}(h)} \quad (56)$$

Avec  $B_{\text{ECS}}$  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 :

$$\text{Temps}_{\text{ECS}}(h) = 0 \quad (57)$$

### Mode Chauffage et ECS

Cas de la production simultanée de chauffage et d'ECS :  $\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 1$

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

$$\text{Temps}_{\text{CH}}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{\text{pertes}}^{ds}(h)}{Nb_{\text{groupes}}} \quad (58)$$

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

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (59)$$

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) :

$$Temps_{ECS\ CH}(h) = \min(Temps_{ECS}(h); Temps_{CH}(h)) \quad (60)$$

Cas de la production alternée de chauffage et d'ECS :  $\delta_{M\_ech\_ECS\_temp} = 0$

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 :

$$Temps_{CH}(h) = \frac{\sum_{ds} Mod_{pertes}^{ds}(h)}{Nb_{groupes}} - Temps_{ECS}(h) \quad (61)$$

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

$$Temps_{CH}(h) = 0 \quad (62)$$

On a aussi :

$$Temps_{ECS\ CH}(h) = 0 \quad (63)$$

### Mode statique

Afin de rendre compte au mieux du fonctionnement « séquentiel » du module d'appartement, 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 ».

$$Temps_{ECS\ seule}(h) = \max(0; Temps_{ECS}(h) - Temps_{ECS\ CH}(h)) \quad (64)$$

$$Temps_{CH\ seul}(h) = \max(0; Temps_{CH}(h) - Temps_{ECS\ CH}(h)) \quad (65)$$

$$Temps_{statique}(h) = \max(0; 1 - Temps_{ECS\ CH}(h) - Temps_{ECS}(h) - Temps_{CH}(h)) \quad (66)$$

## 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 :

$$\phi_{module}(h) = \phi_{module\ CH\ seul}(h) + \phi_{module\ ECS\ seule}(h) + \phi_{module\ ECS\ CH}(h) + \phi_{module\ statique}(h) \quad (67)$$

Si le module est en volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{vc}(h) \quad (68)$$

$$\theta_{vc}(h) = 20 \quad (69)$$

Si le module est hors volume chauffé :

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{hvc}(h) \quad (70)$$

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (71)$$

### 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 :

$$\theta_{moy\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ ECS}(h) + \theta_{out\ prim\ ECS}(h)}{2} \quad (72)$$

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

$$\theta_{moy\ CH}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ CH}(h) + \theta_{out\ prim\ CH}(h)}{2} \quad (73)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{moy\ mixte\ ECS\ CH}(h) = MAX(\theta_{moy\ ECS}(h); \theta_{moy\ CH}(h)) \quad (74)$$

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

Remplacer  $\theta_{moy\ chauffage}$  par  $\theta_{moy\ CH}$

Remplacer  $\phi_{module\ ECS}$  par  $\phi_{module\ ECS\ CH}$

$$\phi_{module\_ECS} = \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS\_CH} - \theta_{amb}) + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times (\theta_{moy\_chauffage} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}))} \times Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_CH} \quad (75)$$

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 :

$$\theta_{moy\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ ECS}(h) + \theta_{out\ prim\ ECS}(h)}{2} \quad (76)$$

En fonctionnement Eau chaude sanitaire, l'échangeur Chauffage et les tubes Chauffage sont supposés à température moyenne si l'échangeur Chauffage est maintenu en température:

$$\theta_{moy\ statique\ CH}(h) = \frac{\theta_{in\ statique\ prim\ CH}(h) + \theta_{out\ statique\ prim\ CH}(h)}{2}$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne ECS :

$$\theta_{moy\ mixte\ ECS}(h) = MAX(\theta_{moy\ ECS}(h); \theta_{moy\ statique\ CH}(h))$$

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

Remplacer  $\theta_{moy\ statique\ chauffage}$  par  $\theta_{moy\ statique\ CH}$

$$\phi_{module\_ECS} = \frac{(H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) \times (\theta_{moy\_ECS} - \theta_{amb}) + H_{mixte} \times (\theta_{moy\_mixte\_ECS} - \theta_{amb}) + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp} \times (\theta_{moy\_statique\_chauffage} - \theta_{amb})}{1 + \frac{1}{H_{mod}} \times ((H_{ech\_ECS} + H_{ECS}) + H_{mixte} + (H_{CH} + H_{ech\_CH}) \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp})} \times Nb_{mod} \times Temps_{ECS\_seule} \quad (78)$$

Pertes thermiques en fonctionnement chauffage seul

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

$$\theta_{moy\ statique\ ECS}(h) = \frac{\theta_{in\ statique\ prim\ ECS}(h) + \theta_{out\ statique\ prim\ ECS}(h)}{2} \quad (79)$$

Les tubes chauffage sont supposés à température moyenne :

$$\theta_{moy\ CH}(h) = \frac{\theta_{in\ prim\ CH}(h) + \theta_{out\ prim\ CH}(h)}{2} \quad (80)$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

Remplacer  $\theta_{moy\ mixte\ ECS\ CH}$  par  $\theta_{moy\ mixte\ CH}$

$$\theta_{moy\ mixte\ ECS\ CH}(h) = MAX(\theta_{moy\ ECS}(h); \theta_{moy\ CH}(h)) \quad (81)$$

Les déperditions du module en mode chauffage uniquement sont donc :

Remplacer  $\theta_{moy\ ECS}$  par  $\theta_{moy\ statique\ ECS}$

Remplacer  $\theta_{moy\ statique\ chauffage}$  par  $\theta_{moy\ CH}$

$$\phi_{\text{module\_CH}} = \frac{(H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{\text{moy\_ECS}} - \theta_{\text{amb}}) + H_{\text{mixte}} \times (\theta_{\text{moy\_mixte\_CH}} - \theta_{\text{amb}}) + (H_{\text{CH}} + H_{\text{ech\_CH}}) \times (\theta_{\text{moy\_statique\_chauffage}} - \theta_{\text{amb}})}{1 + \frac{1}{H_{\text{mod}}} \times ((H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{\text{mixte}} + (H_{\text{CH}} + H_{\text{ech\_CH}}))} \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{CH\_seul}} \quad (82)$$

### Pertes thermiques du module en mode statique

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

$$\theta_{\text{moy statique ECS}}(h) = \frac{\theta_{\text{in prim statique ECS}}(h) + \theta_{\text{out prim statique ECS}}(h)}{2} \quad (83)$$

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

$$\theta_{\text{moy statique CH}}(h) = \frac{\theta_{\text{in statique prim CH}}(h) + \theta_{\text{out statique prim CH}}(h)}{2}$$

Les tubes mixtes sont à température moyenne :

$$\theta_{\text{moy statique mixte}}(h) = \text{MAX}(\theta_{\text{moy statique ECS}}(h); \theta_{\text{moy statique CH}}(h)) \quad (84)$$

Les déperditions du module en fonctionnement statique sont donc :

*Si au moins un échangeur est maintenu en température :*

Remplacer  $\theta_{\text{moy mixte statique}}$  par  $\theta_{\text{moy statique mixte}}$

Remplacer  $\theta_{\text{moy ECS}}$  par  $\theta_{\text{moy statique ECS}}$

Remplacer  $\theta_{\text{moy statique chauffage}}$  par  $\theta_{\text{moy statique CH}}$

$$\phi_{\text{module\_statique}} = \frac{(H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} \times (\theta_{\text{moy\_ECS}} - \theta_{\text{amb}}) + H_{\text{mixte}} \times (\theta_{\text{moy\_mixte\_statique}} - \theta_{\text{amb}}) + (H_{\text{CH}} + H_{\text{ech\_CH}}) \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp} \times (\theta_{\text{moy\_statique\_chauffage}} - \theta_{\text{amb}})}{1 + \frac{1}{H_{\text{mod}}} \times ((H_{\text{ech\_ECS}} + H_{\text{ECS}}) \times \delta_{M\_ech\_ECS\_temp} + H_{\text{mixte}} + (H_{\text{CH}} + H_{\text{ech\_CH}}) \times \delta_{M\_ech\_CH\_temp})} \times Nb_{\text{mod}} \times Temps_{\text{statique}} \quad (85)$$

*Si aucun échangeur n'est pas maintenu en température :*

$$\phi_{\text{module statique}}(h) = 0 \quad (86)$$

## 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 :

$$Q_{totale}(h) = Q_{prim\ ECS}(h) + Q_{prim\ CH}(h) + Q_{prim\ statique\ ECS}(h) + Q_{prim\ statique\ CH}(h) + \phi_{module}(h) \quad (87)$$

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

## 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 :

$$q_{moyen}(h) = \max\left(\left(q_{prim\ ECS}(h) + q_{prim\ CH}(h)\right) \times Temps_{ECS\ CH} + \left(q_{prim\ ECS}(h) + q_{prim\ statique\ CH}(h)\right) \times Temps_{ECS\ seule} + \left(q_{prim\ statique\ ECS}(h) + q_{prim\ CH}(h)\right) \times Temps_{CH\ seul} + \left(q_{prim\ statique\ ECS}(h) + q_{prim\ statique\ CH}(h)\right) \times Temps_{statique}; q_{resid}\right) \quad (88)$$

## 12. 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 :

$$\theta_{out\_prim}^{mod\_EQ} = \frac{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_ch}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ} \times \theta_{out\_prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ}}{q_{prim\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_chauffage}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_ECS}^{mod\_EQ} + q_{prim\_statique\_CH}^{mod\_EQ}} \quad (89)$$

## 13. Auxiliaires de generation

Les circulateurs inclus dans les modules d'appartement 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 :

$$C_{aux\ gén\ é}(h) = Nb_{mod} \times C_{aux\ gén\ é}^{mod}(h) \quad (90)$$

Avec :

$$C_{aux\ géné}^{mod}(h) = P_{aux\ fct} \times (Temps_{ECS\ CH}(h) + Temps_{ECS\ seule}(h) + Temps_{CH\ seul}(h)) + P_{aux\ arrêt} \times Temps_{statique}(h) \quad (91)$$

#### 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 :

$$\phi_{recup}(h) = Nb_{mod} \times \phi_{recup}^{mod}(h) \quad (92)$$

Avec :

$$\phi_{recup}^{mod}(h) = 0,5 \times (\phi_{module}(h) + C_{aux\ géné}^{mod}(h)) \quad (93)$$

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

L'algorithme correspondant est le suivant :

$$Mod_{pertes}(h) > 1 \quad (94)$$

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,

$$Mod_{circ}(h) = 0 \quad (95)$$

Si  $id_{circ} = 1$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \quad (96)$$

Si  $id_{circ} = 2$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left( \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (97)$$

Si  $id_{circ} = 3$  alors,

$$Mod_{circ}(h) = Mod_{pertes}(h) \times \left( 0,5 \times \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} + 0,5 \times \left( \frac{q_{moyen}(h)}{q_{nom}} \right)^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (98)$$

ANNEXE 5

Fiche Algorithmique n°4 « Circuit primaire »

1. NOMENCLATURE DU MODELE

Table 1 : Liste exhaustive des variables du modèle

Entrées <sup>1</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>2</sup>	Def <sup>3</sup>
$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur au pas de temps h	°C		
$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon	Réel	0 - 1	
$Mod_{pertes}(h)$	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		
$Q_{sys\_ds\_req}(h)$	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 module <sup>4</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>5</sup>	Def
$L_{vc}$	Longueur de réseau de distribution intergroupe colonne situé en volume chauffé	m	0 - +∞	-
$L_{hvc}$	Longueur de réseau de distribution intergroupe colonne situé hors volume chauffé	m	0 - +∞	-

<sup>1</sup> Valeurs opérées par d'autres modules

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

<sup>3</sup> Valeur par défaut

<sup>4</sup> Rentrés par l'utilisateur

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

$L_{vc\_gaines\_MTA}$	Longueur de réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé en volume chauffé	m	0 - +∞	-
$L_{hvc\_gaines\_MTA}$	Longueur de réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA situé hors volume chauffé	m	0 - +∞	-
$\theta_{vc}$	Température ambiante équivalente en volume chauffé lorsque le réseau intergroupe est sollicité	°C	-	20

#### Paramètres intrinsèques du module<sup>6</sup>

Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>7</sup>	Def
$P_{aux}$	Puissance du circulateur du réseau intergroupe mixte	W	-0 - +∞	-
$P_{circ\_vc}$	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 - +∞	-
$U_{moy\_hvc}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau colonne sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0 - +∞	-
$U_{moy\_vc\_gaines\_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction en volume chauffé	W/(m.K)	0 - +∞	-
$U_{moy\_hvc\_gaines\_MTA}$	Coefficient de déperdition linéaire moyen du réseau entre les colonnes et les MTA sur sa fraction hors volume chauffé	W/(m.K)	0 - +∞	-
$\Phi_{pertes\_vc\_gaines\_MTA}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA en volume chauffé	Wh	0 - +∞	-
$\Phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe entre les colonnes et les MTA hors volume chauffé	Wh	0 - +∞	-

<sup>6</sup> Rentrés par l'utilisateur

<sup>7</sup> Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ( [...], [...], [...] etc.).

### Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$\theta_{moy}(h)$	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 du réseau de distribution intergroupes en volume chauffé	Wh		

### Variables internes<sup>8</sup>

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$\theta_{vc}(h)$	Température ambiante équivalente autour de la conduite en volume chauffé	°C		20
$\theta_{hvc}(h)$	Température ambiante équivalente autour de la conduite hors volume chauffé	°C		
$\Phi_{pertes\_hvc}(h)$	Pertes thermiques du réseau de distribution intergroupes hors volume chauffé	Wh		

<sup>8</sup> Variables utilisées uniquement dans le module courant.

## 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.

## 3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

### 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 :

$$\theta_{moy}(h) = \frac{\theta_{ret}(h) + \theta_{dep}(h)}{2} \quad (1)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces chauffés sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \theta_{vc}(h) &= \theta_{vc} \\ \theta_{vc} &= 20 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Phi_{pertes_{vc}}(h) &= Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_{vc}} \times L_{vc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \\ &+ \Phi_{pertes_{vc\_gaines\_MTA}}(h) \end{aligned} \quad (3)$$

Avec :

Si  $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \Phi_{pertes_{vc\_gaines\_MTA}}(h) &= U_{moyen_{vc\_gaines\_MTA}} \times L_{vc\_gaines\_MTA} \\ &\times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{vc}(h)) \end{aligned} \quad (4)$$

Si  $q_{moyen} = 0$

$$\Phi_{pertes_{vc\_gaines\_MTA}}(h) = 0 \quad (5)$$

Les pertes totales du réseau vers des espaces non chauffés ou l'extérieur sont les suivantes :

$$\theta_{hvc}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{vc}(h) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Phi_{pertes_{hvc}}(h) &= Mod_{pertes}(h) \times U_{moyen_{hvc}} \times L_{hvc} \times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \\ &+ \Phi_{pertes_{hvc\_gaines\_MTA}}(h) \end{aligned} \quad (7)$$

Avec :

Si  $q_{moyen} > 0$

$$\begin{aligned} \Phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h) &= U_{moyen\_hvc\_gaines\_MTA} \times L_{hvc\_gaines\_MTA} \\ &\times MAX(0; \theta_{moy}(h) - \theta_{hvc}(h)) \end{aligned} \quad (8)$$

Si  $q_{moyen} = 0$

$$\Phi_{pertes\_hvc\_gaines\_MTA}(h) = 0 \quad (9)$$

## 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.

$$W_{aux}(h) = Mod_{circ}(h) \times P_{aux}(1h) \quad (10)$$

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 :

$$\Phi_{auxvc}(h) = P_{circvc} \times W_{aux}(h) \quad (Wh) \quad (11)$$

## 3. Calcul des besoins en énergie augmentés des pertes du réseau intergroupes

La demande en énergie est finalement la suivante :

$$Q_{sys\_ch}(h) = Q_{sys\_ds\_req\_ch}(h) + \Phi_{pertes\_vc}(h) + \Phi_{pertes\_hvc}(h) \quad (12)$$

## 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.