

1. Définition du système

1.1 DESCRIPTION DU CONCEPT

Ce système est une chaudière numérique permettant de chauffer directement de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS), en captant la chaleur dégagée par les processeurs informatiques.

Les data centers consomment des quantités importantes d'électricité, environ 9% en France d'après EDF, dont près de 40% sont dédiés au refroidissement des machines informatiques. Non seulement la chaleur est perdue mais elle nécessite en plus une consommation électrique supplémentaire pour l'évacuer.

La chaudière numérique est un moyen de capter et de valoriser cette chaleur fatale produite par les équipements informatiques, en la valorisant sous forme d'Eau Chaude Sanitaire. En effet, au lieu de déplacer la chaleur (beaucoup de perte, coûts d'ingénierie et investissement important, modèle non répliquable à grande échelle...), la solution consiste à déplacer un morceau de data center au sein des bâtiments où la chaleur sera utile. La chaudière numérique est ainsi un générateur de puissance destiné à assurer la base de chauffage nécessaire à l'ECS, et à être associée à un générateur d'appoint, et ensuite être couplée avec un ballon tampon ou être utilisée en retour de bouclage. Plusieurs cas d'usage possible sont disponibles en annexe.

1.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET CARACTERISTIQUES

La chaudière numérique est un générateur d'eau chaude, grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques lors des calculs.

Cette chaleur étant un déchet pour l'informatique, il est nécessaire de l'évacuer. Ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur pour produire de l'Eau Chaude Sanitaire. Ce système peut fournir jusqu'à 3000W par module selon les configurations. Les performances en termes de température et de puissance dépendent du matériel informatique utilisé. L'appoint et les éventuels circulateurs ne sont pas intégrés au système qui est uniquement une source de puissance.

Pour fonctionner les chaudières numériques doivent être connectées à l'électricité, à l'eau et à un réseau informatique opéré par Carnot. En pied d'immeuble, il est nécessaire de disposer d'une baie informatique faisant le lien avec l'accès internet et qui pilotera l'envoi des calculs informatiques sur la ou les chaudières, comme dans le cas des radiateurs. Il est possible d'associer plusieurs modules en série ou en parallèle, ou série parallèle en fonction des installations.

L'eau circule en direct, sans circuit primaire / secondaire, le processeur est directement plaqué contre un dissipateur en aluminium qui enserme en sandwich un tuyau en cuivre.

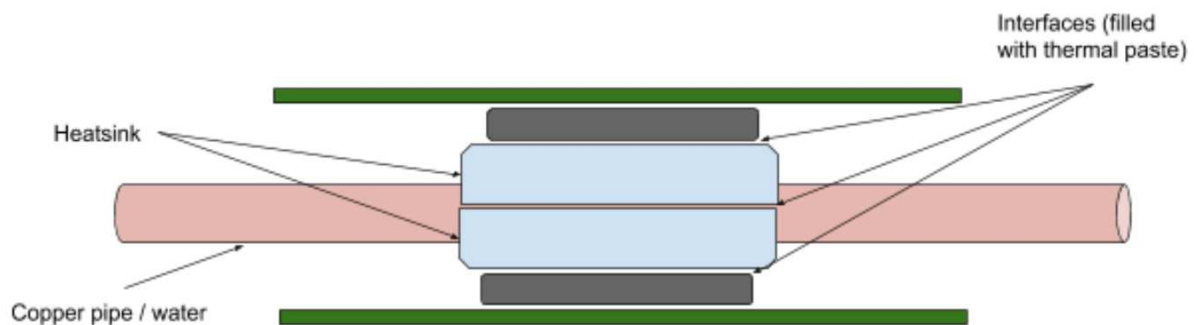


Figure 1 : principe de chauffage ECS direct de la chaudière numérique

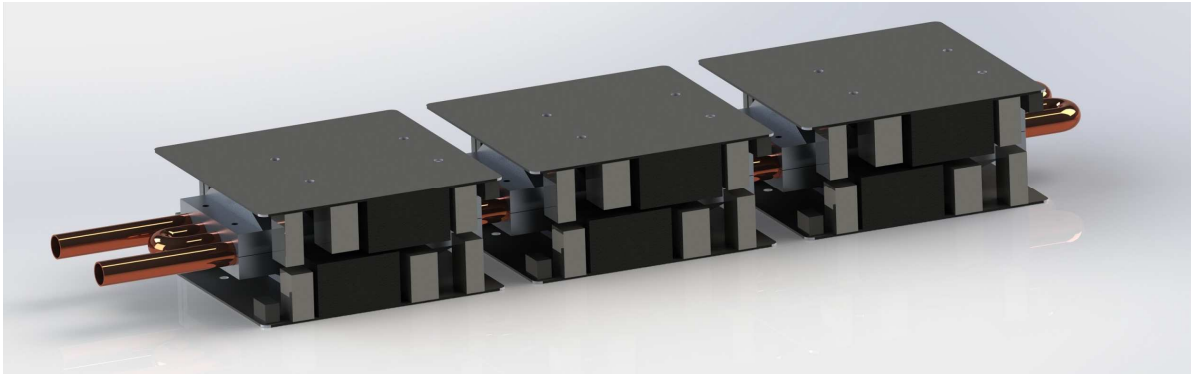


Figure 2 : module de 6 carte mères de chauffage, jusqu'à 4 par chaudière numérique

La chaudière numérique peut être connectée à un ballon de stockage avec échangeur ou intégré dans d'autres modes de fonctionnement comme en réchauffage de boucle par exemple. Il peut être complété par un système d'appoint.

1.3 CONTRAINTES D'INSTALLATION

La chaudière numérique s'installe comme une chaudière électrique, sur une prise électrique suffisamment puissante.

Il est également nécessaire de la relier à la connexion internet permettant d'acheminer les calculs nécessaires à la génération de chaleur. Cette connexion est mise en place de manière autonome via un réseau mis en place spécifiquement. Pour ce faire il est indispensable d'utiliser un réseau câblé Ethernet / RJ45 dédié, ou éventuellement une fibre optique.

Ce réseau spécifique répond à un cahier des charges contraignant : il est constitué d'un point d'entrée pour piloter l'installation connecté à internet par fibre optique obligatoirement permettant un accès haut débit.

Les utilisations envisagées portent sur l'Eau Chaude Sanitaire collective dans le cadre de cette demande de titre 5.

L'idée est de fonctionner en continu, à débit constant, pour assurer la base des besoins selon les configurations. En complément, il s'agira d'ajouter un appoint par rapport aux configurations standards pour assurer les besoins au-delà de la base. Les configurations standards sont uniquement indicatives dans la mesure où le bureau d'étude est évidemment impliqué dans la conception du circuit hydraulique qui pourra intégrer la chaudière numérique dans des conditions optimales de fonctionnement (techniques et économiques) pour elle-même et pour le bâtiment.

2. Champ d'application

La chaudière numérique peut être déployée sur tout type de bâtiment, pour la production d'Eau Chaude Sanitaire collective. Suivant la liste indiquée dans la Méthode de calcul Th-BCE 2012, voici les types de bâtiment inclus dans le champ d'application:

- Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif
- Enseignement secondaire (partie nuit)
- Bâtiment à usage d'habitation - établissement sanitaire avec hébergement
- Bâtiment à usage d'habitation - foyer de jeunes travailleurs
- Bâtiment à usage d'habitation - cité universitaire
- Hôpital (partie nuit)
- Hôtel 0 1* et 2* (partie jour)
- Hôtel 0 et 1* (partie nuit)
- Hôtel 2* (partie nuit)
- Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)
- Hôtel 3* (partie nuit)
- Hôtel 4* et 5* (partie nuit)
- Restauration scolaire - 1 repas / jour, 5j/7
- Restauration - 1 repas / jour, 5j/7
- Restauration - 2 repas / jour, 6j/7
- Restauration - 2 repas / jour 7j/7
- Restauration scolaire - 3 repas / jour, 5j/7
- Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)

- Établissement sportif municipal ou privé.

3. Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable

3.1 USAGES

Dans le cadre de la présente demande de Titre 5 pour la chaudière numérique, l'objectif est de couvrir deux usages liées à l'Eau Chaude Sanitaire :

- Le chauffage de base du ballon décrit dans la fiche S2_GEN_ballon_base_seule
- Le réchauffage de la boucle de distribution d'ECS au niveau du retour, décrit dans la fiche C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe

Les deux usages couvrent uniquement le domaine de l'ECS mais ne couvrent pas le domaine du chauffage. Les modélisations sont présentées dans deux fiches algorithmes en annexe vise à considérer une prise en compte de la chaleur produite par la chaudière numérique comme de la chaleur fatale.

Les applications sont présentées dans deux fiches algorithmes différentes et font l'objet de deux extensions dynamiques distinctes.

3.2 NOMBRE MINIMUM DE CHAUDIERE NUMERIQUE PAR INSTALLATION

Pour que le présent Titre 5 soit applicable, une installation sera composée au minimum de deux unités de chaudière numérique.

3.3 PERFORMANCE MINIMALE DES BALLONS DE STOCKAGE

Pour appliquer le présent Titre 5, les performances minimales des ballons de stockage en terme de constante de refroidissement Cr sont définies par le calcul de la valeur par défaut indiquée dans la méthode Th-BCE 2012 au tableau 215, soit selon les formules suivantes :

$$Cr_{max} = \frac{1000 * Q_{pr}}{\Delta T * V_{tot}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Avec $\Delta T = 45K$ (valeur figée dans le moteur)

Et, selon la norme NF EN 15332,

$$Q_{pr} = 0,189 * V_{tot}^{0,55} \quad \text{Eq. (2)}$$

Soit,

$$Cr_{max} = 4,2 * V_{tot}^{-0,45} \quad \text{Eq. (3)}$$

3.4 ECS BASE BALLON

3.4.1 Extension dynamique

Pour la RT2012, le Titre V est intégré sous forme d'extension dynamique de type générateur. La chaudière numérique est définie comme un générateur d'ECS électrique numérique, s'intégrant comme un générateur d'ECS à énergie principale électrique, sur le format de la fiche S2_GEN_ballon_base_seule.

Il sera nécessaire de fournir les paramètres d'entrée caractérisant la chaudière numérique utilisée pour chaque projet afin de prendre en compte les sources de chaleur utilisées, i.e. les processeurs informatiques. Ces paramètres d'entrée de l'extension dynamique sont listés dans la rubrique « Paramètres du module » du Tableau 1 : Nomenclature du modèle.

3.4.2 Introduction

La demande Titre V vise la prise en compte de la chaudière numérique, pour le chauffage de l'Eau Chaude Sanitaire, développée par l'entreprise Qarnot computing, sous la forme d'une extension dynamique générique au moteur de calcul RT2012 pour les bâtiments neufs. Ce système n'est pas pris en compte dans ces réglementations à l'heure actuelle, car il ne prend pas en compte la récupération de chaleur fatale informatique permise par le dispositif.

Le système est une chaudière permettant de chauffer l'eau grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques, soit des CPU, éventuellement des GPU ou n'importe quel autre type de processeurs, lors des calculs. Cette chaleur est un déchet pour l'informatique, il est donc nécessaire de l'évacuer, ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur. Cette eau est ainsi chauffée. Le système a été conçu pour chauffer de l'eau chaude sanitaire, la présente demande porte uniquement sur le chauffage de l'eau chaude sanitaire. La singularité du système réside principalement dans la possibilité de réguler le système en puissance et de réaliser le chauffage de l'eau directement sans recours à un circuit primaire et secondaire.

La présente fiche définit la méthode de calcul de la consommation de la chaudière numérique de la société Qarnot computing en fonction du besoin énergétique de chauffage de l'Eau Chaude Sanitaire, calculé par la méthode Th-BCE.

L'algorithme détermine à chaque pas de temps quel mode s'applique, et en déduit les consommations électriques comptabilisées.

Le système est dédié au chauffage de l'ECS collective à partir de chaleur fatale issue de serveurs informatiques. Il se compose d'un ou plusieurs modules (chaudières numériques) comprenant chacune :

- Des serveurs informatiques,
- Un système de récupération de l'énergie thermique dissipée par ces serveurs,
- Un système de supervision à distance et de régulation du système en puissance.

Le système fonctionne prioritairement comme une source de puissance en association éventuellement avec un stockage tampon dédié (composé d'un ou plusieurs ballons) jusqu'à atteindre une température d'eau spécifique. La gamme de température accessible dépend du matériel informatique. Au-delà de cette température, la puissance disponible diminue, jusqu'à ce que le système s'arrête automatiquement et ne produise plus de chaleur. La puissance maximale par module dépend également du matériel informatique utilisé.

3.4.3 Dimensionnement

Dans le cadre du fonctionnement de type « base ballon », le dimensionnement de l'installation sera fait par les bureaux d'études qui seront amenés à travailler sur l'intégration de chaudières numériques dans des opérations sur la base des besoins minimum en fonction des configurations.

Un système d'appoint est systématiquement associé au système et permet de fournir le complément d'énergie nécessaire à la production de l'ECS au-delà des besoins de base.

L'intégration d'éléments de stockage (principal ou tampon par exemple) et l'association avec d'autre(s) sources d'énergie sera déterminé par les travaux des bureaux d'études.

Il s'agit de dimensionner le circuit hydraulique ainsi que les pompes et circulateurs hydrauliques, ou « auxiliaire », de manière à assurer un débit constant dans la chaudière numérique, hors soutirages. Ce débit constant doit ainsi permettre de déterminer en amont les deltas de température accessible à la puissance indiquée.

3.4.4 Nomenclature

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

Entrées					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
$\theta_{\text{aval}}(\text{h})$	Température de la source aval du générateur	°C			
$Q_{\text{req}}(\text{h})$	Énergie requise à fournir à l'élément de stockage par le générateur	Wh			
Paramètres du module					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
R_{dim}	Nombre de générateurs identiques	Ent.	2	$+\infty$	
$P_{\text{nom_chaudière}}$	Puissance thermique nominale d'une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	
$P_{\text{aux_chaudière}}$	Puissance électrique des auxiliaires dédiés à une chaudière numérique	W	0	$+\infty$	
$\theta_{\text{max_Pmax}}$	Température de la source aval maximale pour fournir $P_{\text{nom_chaudière}}$	°C	0	100	
θ_{max}	Température de la source aval maximale de fonctionnement de la chaudière numérique	°C	0	100	
$\alpha_{\text{Pfou_QB-1}}$	Coefficient directeur de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{\text{max_Pmax}} \leq \theta_{\text{aval}} \leq \theta_{\text{max}}$	$\text{W} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	$-\infty$	0	
$\beta_{\text{Pfou_QB-1}}$	Ordonnée à l'origine de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{\text{max_Pmax}} \leq \theta_{\text{aval}} \leq \theta_{\text{max}}$	W	0	$+\infty$	
Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
$Q_{\text{fou}}(\text{h})$	Énergie totale fournie par la chaudière numérique.	Wh	0	$+\infty$	0
$Q_{\text{aux}}(\text{h})$	Consommation horaire des auxiliaires de la chaudière numérique en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	0

$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire de la chaudière numérique en énergie finale.	Wh	0	$+\infty$	0
$\{Q_{ceff(fonct.en.)}\}(h)$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice { fonction ; type d'énergie }. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	0	$+\infty$	0
id_{fougen}^{gnr}	Fonction de la chaudière numérique compris dans la génération : 3 : ECS	Ent.	0	5	3
ID_En_Gen	Type d'énergie qu'utilise le générateur : Électricité : 50	Ent.	10	69	50
Id _{Fluide_aval}	Identificateur du fluide aval : 1 : Eau	Ent.	1	2	1

Tableau 1 : Nomenclature du modèle

3.4.5 Description algorithmique

Les différentes étapes de l'algorithme sur un pas de temps sont présentées de manière séquentielle dans les paragraphes ci-dessous. La chaudière numérique s'intègre comme un générateur d'ECS s'intégrant dans la fiche de calcul S1_GEN_générateur_pour_ballon de la méthode de calcul Th-BCE 2012.

Calcul de la quantité d'énergie fournie

3.4.5.1.10_{aval}

On considère ici que la température de la zone d'échange du ballon est toujours égale à la température d'entrée de la chaudière numérique (θ_{aval}).

Les déperditions du ballon de stockage sont calculées directement par le modèle de ballon de stockage de la méthode Th-BCE.

3.4.5.1.2 Si $\theta_{aval} \leq \theta_{max_Pmax}$

La chaudière numérique fonctionne à sa puissance nominale. Le refroidissement des serveurs se fait de manière satisfaisante. C'est la plage de fonctionnement recommandée.

$$P_{fou} = P_{nom_chaudière} * R_{dim} * 1000 [Wh] \quad \text{Eq. (4)}$$

3.4.5.1.3 Si $\theta_{max_Pmax} < \theta_{aval} \leq \theta_{max}$

L'eau en entrée de la chaudière modifie le comportement de la chaudière et limite la puissance thermique disponible en sortie. Les serveurs ne sont plus refroidis correctement, automatiquement les serveurs réduisent leur consommation et fonctionnent en mode dégradé pour protéger leur intégrité.

Cette perte de puissance se modélise de la manière suivante :

$$P_{fou}(\theta_{aval}) = \alpha_{P_{fou_{QB-1}}} * \theta_{aval} + \beta_{P_{fou_{QB-1}}}[Wh] \quad \text{Eq. (5)}$$

3.4.5.1.4 Si $\theta_{aval} \geq \theta_{max}$

Pour une température θ_{aval} supérieure θ_{max} l'eau en entrée de la chaudière n'est plus capable de refroidir correctement les serveurs informatiques, dès lors les mécanismes d'autoprotection des processeurs arrêtent les serveurs, les alimentations sont également éteintes. La fonction de chauffage de l'eau est par conséquent également arrêtée.

$$P_{fou} = 0[Wh] \quad \text{Eq. (6)}$$

Calcul de la quantité d'énergie consommée

La puissance des auxiliaires de circulation devra être calculée au niveau de sa contribution réelle, sous forme d'énergie électrique. On considère ici les puissances des éléments électroniques dont la chaleur n'est pas récupérée (routeur et cartes de contrôle), ainsi que les éventuels auxiliaires de circulation (pompes, circulateur) indispensable au fonctionnement de la chaudière numérique.

$$P_{aux} = P_{aux_{electronique}} + P_{aux_{circulation}}[W] \quad \text{Eq. (7)}$$

La totalité de l'énergie thermique fournie correspond à de la chaleur fatale produite par le système informatique et récupérée pour le chauffage de l'eau, par conséquent ne doit pas être comptabilisée. L'énergie électrique consommée par les auxiliaires doit en revanche être comptabilisée.

$$Q_{cons} = P_{aux} * 2,58[Wh] \quad \text{Eq. (8)}$$

3.5 ECS DISTRIBUTION INTERGROUPE

3.5.1 Extension dynamique

Pour la RT2012, le Titre V est intégré sous forme d'une seconde extension dynamique. La chaudière numérique est définie comme un réchauffeur de boucle placée en fin de bouclage, sur le format de la fiche C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe.

Il sera nécessaire de fournir les paramètres d'entrée caractérisant la chaudière numérique utilisée pour chaque projet afin de prendre en compte les sources de chaleur utilisées, i.e. les processeurs informatiques. Ces paramètres d'entrée de l'extension dynamique sont listés dans la rubrique « Paramètres du module » du Tableau 2 : Nomenclature du modèle.

3.5.2 Introduction

La demande Titre V vise la prise en compte de la chaudière numérique, en tant que réchauffeur de boucle, développée par l'entreprise Qarnot computing, sous la forme d'une extension dynamique générique au moteur de calcul RT2012. Ce système n'est pas pris en compte dans ces réglementations à l'heure actuelle, car il ne prend pas en compte la récupération de chaleur fatale informatique permise par le dispositif. Ce réseau / système, relié en amont à une génération et en aval à un (ou plusieurs) réseau(x) de distribution internes au groupe, peut être commune à plusieurs bâtiments.

Le système est une chaudière permettant de chauffer l'eau grâce à la chaleur dégagée par des processeurs informatiques, soit des CPU, éventuellement des GPU ou n'importe quel autre type de processeurs, lors des calculs. Cette chaleur est un déchet pour l'informatique, il est donc nécessaire de l'évacuer, ici le choix est d'utiliser l'eau comme liquide caloporteur. Cette eau est ainsi chauffée.

La présente fiche définit la méthode de calcul de la consommation de la chaudière numérique de la société Qarnot computing en fonction des pertes du réseau de distribution intergroupe, permettant le maintien en température. Les caractéristiques principales d'un réseau sont ses pertes (en W/K, dont une partie seulement est récupérable par un groupe), sa température et les consommations de ses auxiliaires.

3.5.3 Nomenclature

Le Tableau 2 donne la nomenclature des différentes variables du modèle des distributions intergroupes d'ECS.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur	°C
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
E.T.	$b_{therm}(h)$	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon.	Réel
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-
Em-e	$A^{gr,em-e}$	Surface d'un groupe desservie par un émetteur ECS équivalent relié à cette distribution intergroupe	m ²
	$Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)$	Besoins ECS en entrée majorés des pertes de distribution interne au groupe	Wh
	θ_{2nd-e}^{ds-e}	Température du réseau d'ECS interne au groupe	°C
	$\theta_{b4}^{centr}(h-1)$	Température de la zone supérieure du ballon centralisé au début du pas de temps (pour les PCAD)	°C
	$i_{ecs}^{ds-e}(j)$	Indicateur qui précise, pour chaque distribution du groupe, si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	entier

Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	R_{dim}	Nombre de générateurs identiques	Ent.	2	$+\infty$	-
	$L_{vc_prim_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{hvc_prim_bcl-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{vc_prim_trac-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe tracé en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	$L_{hvc_prim_trac-e}$	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe tracé hors volume chauffé	m	0	$+\infty$	-
	U_{prim-e}	Coefficient de transfert thermique linéique spécifique de la distribution intergroupe d'ECS	W/mK	0	$+\infty$	-
	$IS_{rechauf_bcl-e}$	Présence d'un réchauffeur de boucle (=0 pas de réchauffeur / =1 présence d'un réchauffeur). Uniquement pour les réseaux bouclés.	-	0	1	-
	$P_{nom_chaudière}$	Puissance thermique nominale d'une chaudière numérique	kW	0	$+\infty$	-

$P_{aux_chaudière}$	Puissance électrique des auxiliaires dédiés à une chaudière numérique	W	0	$+\infty$
θ_{max_Pmax}	Température de la source aval maximale pour fournir $P_{nom_chaudière}$	°C	0	100
θ_{max}	Température de la source aval maximale de fonctionnement de la chaudière numérique	°C	0	90
$\alpha_{P_{fou_QB-1}}$	Coefficient directeur de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{max_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$	W.°C ⁻¹	$-\infty$	0
$\beta_{P_{fou_QB-1}}$	Ordonnée à l'origine de la fonction de perte de puissance en fonction de θ_{aval} pour $\theta_{max_Pmax} \leq \theta_{aval} \leq \theta_{max}$	W	0	$+\infty$

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Type_{gest_circ-e}$	Type de gestion des circulateurs du réseau de distribution intergroupe d'ECS (=0 si pas de gestion des circulateurs / =1 si arrêt des circulateurs en vacances)	-	0	1	-
P_{circ-e}	Puissance des circulateurs du réseau intergroupe bouclé d'ECS	W	0	$+\infty$	-
Q_{rest}	Energie restante nécessaire pour compenser les pertes du réseau (énergie envoyée au générateur ECS)	Wh	0	$+\infty$	

Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{w_prim-e}(h)$	Besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe	Wh
θ_{moy_prim-e}	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
$W_{aux_prim-e}^{dp-e}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale	Wh
$W_{aux_prim-e}^{dp-e,gr}$	Consommation électrique des auxiliaires (circulateurs, traceurs) de distribution intergroupe d'ECS, en énergie finale, répartie au niveau du groupe	Wh
$W_{rechauf_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
$\Phi_{aux_vc}(h)$	Consommations d'énergie des circulateurs transmise au volume chauffé sous forme de chaleur au pas de temps h .	Wh

$\Phi_{pertes_vc_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$\Phi_{pertes_hvc_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
$id_{encl-e}(j)$	Indicateur qui précise si le jour j est inclus dans la période de fonctionnement de la génération	entier
$Rat_{besoins_prim-e}^{gr}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un groupe relié à ce réseau intergroupe sur la somme de tous les besoins d'ECS de ce réseau intergroupe	-
$Rat_{surfaces_prim-e}$	Ratio de la surface des émetteurs ECS équivalents d'un groupe reliés à ce réseau intergroupe d'ECS sur la somme des surfaces de tous les émetteurs ECS équivalents reliés à ce réseau intergroupe d'ECS	-
A_{dess-e}	Surface totale des émetteurs desservis par cette distribution intergroupe	m ²

Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{départ_prim-e}$	Température de la boucle départ du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
θ_{retour_prim-e}	Température de la boucle retour du réseau intergroupe de distribution d'ECS	°C
L_{vc_prim-e}	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe en volume chauffé	m
L_{hvc_prim-e}	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe hors volume chauffé	m
W_{circ_prim-e}	Consommation des circulateurs de la distribution intergroupe bouclée d'ECS	Wh
W_{trac_prim-e}	Consommation des traceurs de la distribution intergroupe tracée d'ECS	Wh
$ds-e$	Caractérise la distribution interne au groupe d'ECS	-
$dp-e$	Caractérise la distribution intergroupe d'ECS	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
θ_{amb}	Température de l'ambiance dans laquelle circule la partie en volume chauffé de la distribution intergroupe d'ECS	°C	20
P_{circ_vc-e}	Part de la puissance des auxiliaires de distribution intergroupe ECS transmise sous forme de chaleur, récupérable par l'ambiance	-	0
$Fonction_{prim}$	Identificateur de la distribution : Chauffage (1), froid (2), ECS (3)	-	3

Tableau 2 : Nomenclature du modèle

3.5.4 Description algorithmique

Principes et définition

Un réseau intergroupe est obligatoirement relié, en aval, à au moins un réseau de distribution interne à un groupe et en amont à une seule génération (dans laquelle au moins un générateur produira de l'ECS).

Le réseau intergroupe d'ECS est maintenu en température afin de réduire le temps d'attente de l'eau chaude aux émetteurs. La consommation d'énergie supplémentaire engendrée par le maintien en température est autorisée par le fait que le confort de l'occupant est significativement amélioré. Le maintien en température du réseau est fait via la chaudière numérique.

Description mathématique

Réutilisation de la fiche 11.8 C_DIS_Distribution_ECS_intergroupe

Les équations 1433 à 1443 de la méthode Th-BCE sont reprises à l'identique.

Energie fournie par la chaudière numérique réchauffeur de boucle (11.8.3.3.3)

La chaudière numérique réchauffeur de boucle compense les pertes du réseau de distribution intergroupe bouclé en fournissant de l'énergie thermique (en Wh) via un échangeur de chaleur. La consommation électrique du réchauffeur de boucle est considérée comme gratuite, sauf pour les systèmes auxiliaires.

L'énergie disponible de la chaudière numérique au réseau d'ECS est égale à :

Si $\theta_{moy_prim-e} \leq \theta_{max_Pmax}$:

La chaudière numérique peut fonctionner à sa puissance nominale.

$$P_{fou}(h) = P_{nom_chaudière} * R_{dim} * 1000 [Wh] \quad \text{Eq. (9)}$$

Si $\theta_{max_Pmax} \leq \theta_{moy_prim-e} \leq \theta_{max}$:

L'eau en entrée de la chaudière modifie le comportement de la chaudière et limite la puissance thermique disponible en sortie.

Cette perte de puissance se modélise de la manière suivante :

$$P_{fou}(h) = \alpha_{P_{fou_{QB-1}}} * \theta_{moy_prim-e} + \beta_{P_{fou_{QB-1}}} [Wh] \quad \text{Eq. (10)}$$

Si $\theta_{moy_prim-e} \geq \theta_{max}$:

$$P_{fou}(h) = 0 [Wh] \quad \text{Eq. (11)}$$

Si la puissance du réchauffeur de boucle est insuffisante ($P_{fou}(h)$), la puissance restante (Q_{rest}) est renvoyée sur la génération ECS.

$$Q_{rest} = max \quad \text{Eq. (12)}$$

La formule pour le calcul des besoins ECS majorés des pertes de distribution du groupe et intergroupe prend donc la forme :

$$Q_{w_{prim-e}}(h) = \sum_{ds-e} Q_{2nd-e}^{ds-e}(h) + Q_{rest} \quad \text{Eq. (13)}$$

La consommation des auxiliaires du système sont attribués à la consommation électrique du réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale.

$$W_{rechauf_{prim-e}}(h) = P_{aux_chaudière}(h) \quad \text{Eq. (14)}$$

