

## A N N E X E

Modalités de prise en compte des systèmes de pompes à chaleur à compression entraînées par un moteur thermique alimenté au gaz dans la réglementation thermique 2012

### 1/ Définition du système

Au sens du présent arrêté, les pompes à chaleur à compression entraînées par un moteur thermique alimenté au gaz naturel (PAC MG) de technologie air extérieur/air intérieur, sont des systèmes permettant d'assurer de répondre aux besoins de chauffage et de refroidissement des locaux. Ces appareils peuvent également disposer d'une fonction secondaire de production indirecte d'ECS par récupération de chaleur sur le moteur thermique. Cette production n'a lieu que lorsque la PAC MG fonctionne pour le chauffage ou le refroidissement des locaux.

Par technologie air/air, on entend que la distribution d'énergie est assurée directement par le fluide réfrigérant de la PAC MG, selon une technologie à débit de réfrigérant variable. Une ou plusieurs unités extérieures sont couplées à un ensemble d'unités intérieures, qui fournissent une puissance frigorifique ou calorifique par brassage de l'air à l'intérieur des locaux. Les performances du système sont celles de l'ensemble de la boucle de réfrigérant, des unités intérieures et unités extérieures constituant la pompe à chaleur.

### 2/ Domaine d'application

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiments de surface utile de plus de 500 m<sup>2</sup>, à l'exception des maisons individuelles, quelles que soient la zone climatique et l'altitude du projet.

Dans le cas où la ou les PAC MG permettent une production d'ECS indirecte, la présence d'un élément de stockage ECS et d'un appoint pouvant répondre à la totalité des besoins d'ECS est obligatoire. Si la production indirecte d'ECS de la PAC à compression par moteur gaz se fait à des températures supérieures à 55°C, cette production indirecte d'ECS peut être associée à tout autre générateur d'ECS placé en base ou en appoint au sens de la méthode Th-BCE.

### 3/ Méthode de prise en compte

#### 3.1 NOMENCLATURE

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

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

#### Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{\text{amont}}(h)$	Température de la source amont (type air)	°C
$\theta_{\text{aval(ch)}}(h)$ $\theta_{\text{aval(fr)}}(h)$	Température de la source aval (type air)	°C
$\theta_{\text{aval(ecs)}}(h)$	Température en aval de l'échangeur de production ECS indirecte	°C
$Q_{\text{req(ch)}}(h)$ $Q_{\text{req(fr)}}(h)$	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	Wh
$id_{\text{fonction}}(h)$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : <i>chauffage</i> 2 : <i>refroidissement</i>	Ent

### Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$id_{fougen}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage: 1</i> <i>Refroidissement : 2</i>	Ent			
$Cat$	Catégorie de générateur : <i>800: générateur thermodynamique dont le compresseur est entraîné par un moteur alimenté au gaz</i>	Ent			503
$Id_{engen}$	Identificateur de l'énergie principale : <i>Gaz : 1</i>	Ent	1	69	50
$Id_{fluide\_aval}$	Nature du fluide aval : <i>2 : air</i>	Ent	1	2	
$Id_{fluide\_amont}$	Nature de la source amont : <i>2 : air</i>	Ent	1	3	
$Syst\_thermo\_ch/fr$	Technologie du générateur en chauffage/ refroidissement: <i>3: PAC air extérieur/air recyclé</i>	Ent	1	-	
$\{\theta_{aval}(i)\}$	Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	Voir selon technologie
$\{\theta_{amont}(j)\}$	Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
$N_{\theta_{aval}}$	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
$N_{\theta_{amont}}$	Nombre de températures amont principales	Ent	1		
$\theta_{am,ms}$	Température seuil de basculement en dessous de laquelle l'évaporateur secondaire est seul à être utilisé (mode chauffage)	°C			-3
$Statut_{données\_PC}$	Statut des performances à pleine charge renseignées : <i>1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées</i> <i>2 : il n'existe aucune valeur certifiée ou justifiée</i>	Ent	1	-	
<b>Production d'ECS indirecte</b>					
$Statut_{données\_ECS}$	Statut de l'efficacité de production indirecte d'ECS : <i>0 : pas de production indirecte d'ECS,</i> <i>1 : production indirecte ECS dont l'efficacité est certifiée ou justifiée,</i> <i>2: production indirecte ECS dont l'efficacité est déclarée par le fabricant ou inconnue</i>	Ent	0	2	
$\theta_{ECS,max}$	Température maximale de sortie du moteur pour la production indirecte ECS.	°C	0	90	75
$\theta_{aval}(ecs,nom)$	Température moyenne nominale en aval de l'échangeur de production indirecte d'ECS	°C	0	90	55
$P_{pompe,ECS}$	Puissance absorbée par la pompe de charge de la production ECS indirecte (pompe extérieure à la machine).	W	0	$+\infty$	

### Saisie des performances certifiées ou justifiées

$\{Statut(i,j)\}$	Matrice des statuts de données : 1 : valeur certifiée, 2 : valeur justifiée.	{Ent}	1	2
$\{GUE(i,j)\}$ $\{EER(i,j)\}$	Matrice des performances en mode chauffage (GUE)/refroidissement (EER) selon les températures amont et aval avant correction	{-}	0	$+\infty$
$\{P_{abs}(i,j)\}$	Matrice des puissances absorbées en gaz selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$
$\{P_{aux,uxext}(i,j)\}$	Matrice des puissances électriques d'auxiliaires des unités extérieures absorbées	{kW}	0	$+\infty$
$\{\eta_{th,ecs}(i,j)\}$	Efficacité de la production indirecte d'ECS en mode chauffage/refroidissement ramenée à $P_{abs}$ , dans les conditions du point pivot	{-}	0	$+\infty$

### Saisie des performances déclarées ou par défaut

$Statut[GUE_{pivot}]$ $Statut[EER_{pivot}]$ $Statut[P_{aux,uxext\_pivot}]$	Statut des valeurs pivots : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	-
$GUE_{pivot}$	Valeur pivot déclarée des machines en mode chauffage lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
$EER_{pivot}$	Valeur pivot déclarée des machines en mode refroidissement lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	-	0	$+\infty$	-
$P_{abs\_pivot}$	Valeur pivot déclarée de puissance absorbée en gaz lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée.	kW	0	$+\infty$	-
$\eta_{th,ecs}$	Valeur pivot déclarée d'efficacité de production ECS ramenée à la puissance gaz consommée	-	0	$+\infty$	-

### Fonctionnement à charge partielle

$Fonct\_moteur$	Mode de fonctionnement du moteur : 0 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du moteur (par défaut) 1 : Fonctionnement à vitesse variable	Ent	1	2	2
$Ccp_{LRcontmin}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$ 2 : par défaut	Réel	0	2	
$Statut[Ccp_{LRcontmin}]$	1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
$LR_{contmin}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
$D_{eq}$	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Min	0	60	
$D_{jou0}$	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Min	0	60	

### Puissance d'auxiliaires de la machine

$Statut_{P_{aux0\%}}$	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire à charge nulle <i>1 : déclarée</i> <i>2 : par défaut</i>	Ent	0	1
$P_{aux0\%}$	Puissance électrique d'auxiliaire à charge nulle	W	0	$+\infty$

### Préprocesseur : composition des matrices de performance

$\{Cnn_{av\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs ( $\theta_{aval} = \theta_j$ ) à Pabs( $\theta_{aval}=\theta_i$ ), pour $\theta_{amont}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs( $\theta_{am}=\theta_j$ ) à Pabs( $\theta_{am}=\theta_i$ ), pour $\theta_{aval}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{av\_GUE}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de GUE ( $\theta_{aval}=\theta_j$ ) à GUE( $\theta_{aval}=\theta_i$ ), pour $\theta_{amont}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_GUE}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de GUE( $\theta_{am}=\theta_j$ ) à GUE( $\theta_{am}=\theta_i$ ), pour $\theta_{aval}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{av\_Paux}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de $P_{aux,uext}$ ( $\theta_{aval}=\theta_j$ ) à $P_{aux,uext}$ ( $\theta_{aval}=\theta_i$ ), pour $\theta_{amont}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_Paux}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de $P_{aux,uext}$ ( $\theta_{am}=\theta_j$ ) à $P_{aux,uext}$ ( $\theta_{am}=\theta_i$ ), pour $\theta_{aval}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{av\_th,ecs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage entre de $\eta_{th,ecs}$ ( $\theta_{aval}=\theta_j$ ) à $\eta_{th,ecs}$ ( $\theta_{aval}=\theta_i$ ), pour $\theta_{amont}$ fixée.	Réel
$\{Cnn_{am\_th,ecs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de $\eta_{th,ecs}$ ( $\theta_{am}=\theta_j$ ) à $\eta_{th,ecs}$ ( $\theta_{am}=\theta_i$ ), pour $\theta_{aval}$ fixée.	Réel

Voir selon technologie

### Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$R_{dim}$	Nombre de machines identiques.	entier	1	-	
$Statut[P_{aux,uint,pc}]$	Statut de la saisie de la puissance absorbée par les unités intérieures : <i>1 : déclarée</i> <i>2 : par défaut</i>	Ent	0	1	
$P_{aux,uint,pc}$	Puissance électrique absorbée par les unités intérieures à pleine charge	W	0	$+\infty$	

### Sorties

Nom	Description	Unité
$Q_{fou}(h)$	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh
$\{Q_{cef}(h)\}$	Matrice des consommations par poste et par type d'énergie	Wh
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh
$Q_{ecs}(h)$	Quantité d'énergie disponible pour la production ECS indirecte au pas de temps h	Wh
$Q_{rest}(h)$	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh
$W_{aux,pro}(h)$	Consommation électrique d'auxiliaires du générateur	Wh

$\Phi_{\text{rejet}}(h)$	Quantité d'énergie rejetée à la source amont (générateur thermodynamique)	Wh
$\tau_{\text{charge}}(h)$	Taux de charge du générateur	-
$\eta_{\text{eff}}(h)$	Efficacité du générateur en énergie finale	-
<b>Variables internes</b>		
Nom	Description	Unité
$\{GUE_{\text{util}}(i,j)\}$ $\{EER_{\text{util}}(i,j)\}$ $\{P_{\text{aux,uext}}(i,j)\}$	Matrice des performances en mode chauffage/refroidissement selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données.	{-}
$\{\eta_{\text{th,ecs}}(i,j)\}$	Matrice des efficacités de la production ECS indirecte ramenée à $P_{\text{abs}}$ en fonction des températures amont et aval	{-}
$LR(h)$	Taux de charge par rapport à la puissance maximale (pleine charge)	-
$LR_{\text{cycl}}(h)$	Taux de charge calculé par rapport à $LR_{\text{contmin}}$ , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
$GUE_{\text{pc}}(h)$ $GUE_{\text{LRcontmin}}(h)$ $GUE_{\text{LR}}(h)$	GUE utile à pleine charge et à charge réelle	-
$P_{\text{fou,pc}}(h)$ $P_{\text{fou,LRcontmin}}(h)$ $P_{\text{fou,LR}}(h)$	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W
$P_{\text{abs,pc}}(h)$ $P_{\text{abs,LR}}(h)$	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W
$P_{\text{gaz,pc}}(h)$ $P_{\text{gaz,LRcontmin}}(h)$ $P_{\text{gaz,LR}}(h)$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W
$P_{\text{aux,uext,pc}}(h)$	Puissance appelée par les auxiliaires des unités extérieures en chauffage	W
$P_{\text{gaz,MA,LR}}(h)$	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W
$Q_{\text{req,act}}(h)$	Quantité d'énergie à fournir par une machine	W
$Q_{\text{rest,act}}(h)$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh
$\eta_{\text{th,ecs}}(h)$	Efficacité de la production indirecte ECS ramenée à la consommation de gaz	-
$LIM_{\text{ECS}}(h)$	Coefficient de limitation de la puissance de production indirecte d'ECS associé à la température limite de l'eau en sortie du moteur	-

$W_{aux,ecs}(h)$  Consommation de la pompe de charge de la production ECS indirecte Wh

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$C_{pa}$	Chaleur massique de l'air	$J.K^{-1}.kg^{-1}$	1006
$GUE_{util\_max}(ch)$	Valeur maximale de GUE pivot	-	1,4
$EER_{util\_max}(fr)$	Valeur maximale de EER pivot	-	1,25
$CcpLR_{contmin,def}$	Valeur par défaut de $CcpLR_{contmin}$	-	1,0
$LR_{contmin,def}$	Valeur par défaut de $LR_{contmin}$	-	0,4
$P_{aux0,def}$	Valeur par défaut de la puissance d'auxiliaire absorbée à charge nulle	kW	0,12
$\eta_{th,ecs,utile\_max}(ch)$ $\eta_{th,ecs,utile\_max}(fr)$	Valeur utile maximale pour $\eta_{th,ecs}$ pivot en chauffage et refroidissement	kW	
$P_{aux,uint,def}(ch)$ $P_{aux,uint,def}(fr)$	Valeur par défaut de la puissance absorbée à pleine charge par l'ensemble des unités intérieures en chauffage et refroid.	kW	Voir § 3.2.1
$P_{aux,uext,pivot,utile\_min}(ch)$ $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}(fr)$	Valeurs utiles minimales de la puissance des auxiliaires des unités extérieures en chauffage et refroid.	kW	

Tableau 1 : Nomenclature du modèle

## 3.2 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes :

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

### 3.2.1 PRISE EN COMPTE DES STATUTS DE DONNÉE

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

#### Statuts de données des performances à pleine charge

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

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

- **certifié** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base du référentiel d'essai défini dans le cadre de la certification NF PAC : NF 4146 – Rev 5 Pr 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E.
- **justifié** : la valeur est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base du référentiel d'essai défini dans le cadre de la certification NF PAC : NF 4146 – Rev 5 Pr 3 (NF PAC) – Partie 9 – Annexe E.
- **déclaré** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.
- **par défaut** : aucune information disponible.

Pour résumer pour le mode chauffage (en refroidissement remplacer GUE par EER) :

StatutGUE	Correction
Certifié(s)	$GUE_{util}(i,j) = GUE(i,j)$
Justifié(s)	$GUE_{util}(i,j) = 0,9 \times GUE(i,j)$
Déclaré (pivot seulement)	$GUE_{pivot\_util} = \text{MIN} [0,8 \times GUE_{pivot}, GUE_{utilmax}(ch)]$
Par défaut (pivot seulement)	$GUE_{pivot\_util} = 0,8 \times GUE_{utilmax}(ch)$

Tableau 2: Statuts GUE et correction

Avec  $GUE_{utilmax}(ch) = 1,4$  et  $EER_{utilmax}(fr) = 1,25$

#### **Statuts de données des performances à charge partielle (en mode à vitesse variable) :**

Ce statut concerne les paramètres  $LR_{contmin}$  et  $Ccp_{LRcontmin}$ , qui peuvent être obtenus par une mesure des performances à charge partielle proche de la vitesse minimale de fonctionnement du moteur. Les conditions de recours aux différents statuts sont identiques à celles évoquées pour les performances à pleine charge. Les corrections appliquées sont les suivantes :

- **certifié** : aucune correction appliquée
- **justifié** :
  - o  $LR_{contmin}$  est augmenté de 0,05,
  - o  $Ccp_{LRcontmin}$  est diminué de 10%,
- **par défaut** :
  - o  $LR_{contmin}$  est fixé à  $LR_{contmin,def} = 0,4$
  - o  $Ccp_{LRcontmin}$  est fixé à  $CCp_{LRcontmin,def} = 1,0$

#### **Statut de données pour les puissances d'auxiliaires**

Pour ce qui est puissances électriques absorbées par les auxiliaires (ventilateurs, pompes, régulation...), le traitement diffère selon qu'il s'agit de l'unité extérieure ou des unités intérieures.

Pour ce qui est de l'unité extérieure (paramètre  $P_{aux,uext}$ ), les conditions de recours aux différents statuts de données sont identiques à celles évoquées pour les performances à pleine charge. Les corrections appliquées sont les suivantes :

- **certifié** : aucune correction appliquée,  
**justifié** : une augmentation de 10% du ou des  $P_{aux,uext,pivot}$  saisis est appliquée,
- **déclaré** : une augmentation de 20% du  $P_{aux,uext,pivot}$  saisi est appliquée. La valeur est de plus plafonnée à  $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}$ .
- **par défaut** : une valeur de  $P_{aux,uext,forfaitaire}$  est utilisée, prise égale à 120% de  $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}$ .

Où  $P_{aux,uext,pivot,utile\_min}$  est pris égal à 3% de la puissance absorbée gaz à pleine charge dans les conditions pivot, en chauffage comme en refroidissement :

$$\begin{aligned} P_{aux,uext,pivot,utile,min}(ch) &= 0,03 \cdot P_{abs,pivot}(ch) \\ P_{aux,uext,pivot,utile,min}(fr) &= 0,03 \cdot P_{abs,pivot}(fr) \end{aligned} \quad (1)$$

Dans le cas d'une saisie au travers d'une matrice de puissance absorbée, la valeur de  $\{ValP_{abs}\}$  correspondant à  $P_{abs,pivot}$  est explicitée ci-dessous :

$$\begin{aligned} P_{abs,pivot}(ch) &= ValPabs(4,4) \\ P_{abs,pivot}(fr) &= ValPabs(4,2) \end{aligned} \quad (2)$$

Pour ce qui est de l'unité intérieure ( $P_{aux,uint}$ ), aucune correction n'est appliquée. Une valeur par défaut est cependant proposée :

$$\begin{aligned} P_{aux,uint,def}(ch) &= 0,06 \cdot P_{abs,pivot}(ch) \\ P_{aux,uint,def}(fr) &= 0,06 \cdot P_{abs,pivot}(fr) \end{aligned} \quad (3)$$

De même, pour la puissance électrique absorbée à charge nulle ( $P_{aux0}$ ), la prise en compte des statuts de données est simplifiée comme suit :

- **certifié ou justifié** : aucune correction n'est appliquée,
- **par défaut** :  $P_{aux0}$  est fixé à  $P_{aux0,def} = 0,12$  kW

#### Statut de données pour la production d'ECS indirecte

Les conditions de recours aux différents statuts sont identiques à celles évoquées pour les performances à pleine charge. Dans le cas de  $\eta_{th,ecs}$ , seule la valeur pivot peut être certifiée ou justifiée. La matrice complète n'est jamais saisie.

Les corrections appliquées sont les suivantes :

- **certifié** : aucune correction n'est appliquée,
- **justifié** : une augmentation de 10% du ou des valeurs de  $\eta_{th,ecs,pivot}$  appliquées,
- **déclaré** : une augmentation de 20% du  $\eta_{th,ecs,pivot}$  est appliqué.  $\eta_{th,ecs,pivot}$  est par ailleurs plafonnée à une valeur utile maximale  $\eta_{th,ecs,utile\_max}$ ,
- **par défaut** : une valeur de  $\eta_{th,ecs}$  pivot forfaitaire est appliquée : la valeur utile maximale  $\eta_{th,ecs,utile\_max}$  réduite de 20%.

Avec :

$$\begin{aligned} \eta_{th,ecs,utile,max}(ch) &= 0,15 \\ \eta_{th,ecs,utile,max}(fr) &= 0,50 \end{aligned} \quad (4)$$



### 3.2.2 MATRICES DE PERFORMANCE A PLEINE CHARGE EN CHAUFFAGE

Les performances à pleine charge en chauffage des PAC MG air/air sont décrites au travers de matrices identiques au format identique à celles d'une PAC à compression électrique air extérieur/air recyclé.

On décrit 4 matrices pour chaque paramètre de performance à pleine charge suivant :

- GUE, coefficient de performance,
- $P_{abs}$ , puissance absorbée en énergie gaz,
- $P_{aux\_uexts}$ , puissance électrique absorbée par les auxiliaires de l'unité extérieure,
- Statut, statut de données renseignées (1 : certifié ou 2 : justifié),
- $\eta_{th,ecs}$ , efficacité de la production indirecte d'ECS ramenée à la puissance consommée en gaz  $P_{abs}$ .

		Températures amont principales (°C) Air extérieur					
		-15	-7	2*	7	20	
		Priorité	5	2	3	1	4
Températures aval principales (°C) Air intérieur	5	5					
	10	4					
	15	2					
	20	1				Pivot	
	25	3					

\* : Pour la matrice  $\eta_{th,ecs}$ , le point à 2°C de température amont est remplacé par 5°C.

Figure 1 : Format des matrices de performance en chauffage des PACMG air/air

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

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

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

A chaque case de la matrice de GUE saisie doit correspondre une case de la matrice de  $P_{abs}$  saisie.

**La valeur 'pivot' est la valeur pour  $\theta_{am} = 7^{\circ}C$  ;  $\theta_{av} = 20^{\circ}C$ .**

La température  $\theta_{am,ms}$  est la température en dessous de laquelle l'évaporateur secondaire est seul à être utilisé. GUE et  $P_{abs}$  s'avèrent constants en dessous de cette température seuil.

Conventionnellement, on fixe  $\theta_{am,ms} = -3^{\circ}C$ .

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

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

Températures aval	Températures amont
20°C	7 °C
20°C, 15°C	-7 °C, 7 °C
25°C, 20°C, 15°C	-7°C, 2°C, 7°C
25°C, 20°C, 15°C, 10°C	-7°C, 2°C; 7°C, 20°C
25°C, 20°C, 15°C, 10°C, 5°C	-15°C, -7°C, 2°C, 7°C, 20°C

Tableau 3 : Températures aux sources

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de GUE,  $P_{abs}$ ,  $P_{aux,uext}$  ou  $\eta_{th,ecs}$  est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

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

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si  $\{ValGUE(4,1)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,1)\} = \{ValGUE(4,4)\} \times Cnnav_{GUE}(5, 20)$$

si  $\{ValGUE(4,2)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,2)\} = \{ValGUE(4,4)\} \times Cnnav_{GUE}(10, 20)$$

si  $\{ValGUE(4,3)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,3)\} = \{ValGUE(4,4)\} \times Cnnav_{GUE}(15, 20)$$

si  $\{ValGUE(4,5)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,5)\} = \{ValGUE(4,4)\} \times Cnnav_{GUE}(25, 20)$$

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

GUE	Pabs
$Cnnav_{GUE}(15, 20) = 0,97$	$Cnnav_{Pabs}(15, 20) = 1,05$
$Cnnav_{GUE}(25, 20) = 0,92$	$Cnnav_{Pabs}(25, 20) = 1,0$
$Cnnav_{GUE}(10, 20) = 0,94$	$Cnnav_{Pabs}(10, 20) = 1,1$
$Cnnav_{GUE}(5, 20) = 0,91$	$Cnnav_{Pabs}(5, 20) = 1,15$
$P_{aux,uext}$	$\eta_{th,ecs}$
$Cnnav_{Paux}(15, 20) = 1$	$Cnnav_{Paux,uext}(15, 20) = 1$
$Cnnav_{Paux}(25, 20) = 1$	$Cnnav_{Paux,uext}(25, 20) = 1$
$Cnnav_{Paux}(10, 20) = 1$	$Cnnav_{Paux,uext}(10, 20) = 1$
$Cnnav_{Paux}(5, 20) = 1$	$Cnnav_{Paux,uext}(5, 20) = 1$

Tableau 4: Valeurs de Cnnav en chauffage

Ensuite, on complète ligne par ligne les valeurs encore manquantes, à partir des valeurs de la colonne pivot et/ou des valeurs renseignées dans d'autres colonnes. Les valeurs renseignées sont bien sûr conservées.

Les lignes sont complétées comme suit (exemple du GUE) :

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

$$\text{si } \{ValGUE(2, I_{lign})\} = 0$$

$$\{ValGUE(2, I_{lign})\} = \{ValGUE(4, I_{lign})\} \times C_{nnam\_GUE}(-7, 7)$$

$$\text{si } \{ValGUE(3, I_{lign})\} = 0$$

$$\{ValGUE(3, I_{lign})\} = \{ValGUE(4, I_{lign})\} \times C_{nnam\_GUE}(2, 7)$$

$$\text{si } \{ValGUE(5, I_{lign})\} = 0$$

$$\{ValGUE(5, I_{lign})\} = \{ValGUE(4, I_{lign})\} \times C_{nnam\_GUE}(20, 7)$$

$$\text{si } \{ValGUE(1, I_{lign})\} = 0$$

$$\{ValGUE(1, I_{lign})\} = \{ValGUE(2, I_{lign})\} \times C_{nnam\_GUE}(-15, -7)$$

Les coefficients  $C_{nnam}(Y, X)$  utilisés pour passer de la valeur à la température amont  $X$  à celle à la température amont  $Y$  sont les suivantes :

GUE	Pabs
$C_{nnam\_GUE}(-7, 7) = 0,75$	$C_{nnam\_Pabs}(-7, 7) = 1,35$
$C_{nnam\_GUE}(2, 7) = 0,8$	$C_{nnam\_Pabs}(2, 7) = 1,15$
$C_{nnam\_GUE}(20, 7) = 1,10$	$C_{nnam\_Pabs}(20, 7) = 0,90$
$C_{nnam\_GUE}(-15, -7) = 1$	$C_{nnam\_Pabs}(-15, -7) = 1$
$P_{aux, uext}$	$\eta_{th, ecs}$
$C_{nnam\_Paux, uext}(-7, 7) = 0,3$	$C_{nnam\_Paux, uext}(-7, 7) = 0$
$C_{nnam\_Paux, uext}(2, 7) = 0,65$	$C_{nnam\_Paux, uext}(5, 7) = 0$
$C_{nnam\_Paux, uext}(20, 7) = 1$	$C_{nnam\_Paux, uext}(20, 7) = 1$
$C_{nnam\_Paux, uext}(-15, -7) = 0,3$	$C_{nnam\_Paux, uext}(-15, -7) = 1$

Tableau 5: Valeurs de  $C_{nnam}$  en chauffage

### 3.2.3 MATRICES DE PERFORMANCE A PLEINE CHARGE EN REFROIDISSEMENT

La matrice de performances des machines air extérieur / air recyclé est la suivante :

		Températures amont principales (°C) :					
		air extérieur					
			5	15	25	35	45
		Priorité	4	3	2	1	5
Températures aval principales (°C) Air intérieur	22	2					
	27	1				Pivot	
	32	3					
	37	4					

Figure 2 : Matrice de performance des machines air extérieur/ air recyclé

La valeur 'pivot' est la valeur pour  $\theta_{am} = 35$  ;  $\theta_{av} = 27$ .

Les autres valeurs sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
27°C	35 °C
22°C, 27°C	25 °C, 35°C
22°C, 27°C, 32°C	15°C, 25°C, 35°C
22°C, 27°C, 32°C, 37°C	5°C, 15°C, 25°C, 35°C
	5°C, 15°C, 25°C, 35°C, 45°C

Tableau 6 : Températures aux sources

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

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

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si  $\{ValGUE(4,1)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,1)\} = \{ValGUE(4,2)\} \times Cnnav_{GUE}(22, 27)$$

si  $\{ValGUE(4,3)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,3)\} = \{ValGUE(4,2)\} \times Cnnav_{GUE}(32, 27)$$

si  $\{ValGUE(4,4)\} = 0$

$$\{ValGUE(4,4)\} = \{ValGUE(4,2)\} \times Cnnav_{GUE}(37,27)$$

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

GUE	Pabs
$Cnnav_{EER}(22, 27) = 0,97$	$Cnnav_{Pabs}(22, 27) = 0,90$
$Cnnav_{EER}(32, 27) = 1,01$	$Cnnav_{Pabs}(32, 27) = 1,04$
$Cnnav_{EER}(37, 27) = 1,01$	$Cnnav_{Pabs}(37, 27) = 1,05$
$P_{aux,uext}$	$\eta_{th,ecs}$
$Cnnav_{Paux,uext}(22, 27) = 1$	$Cnnav_{\eta_{th,ecs}}(22, 27) = 1$
$Cnnav_{Paux,uext}(32, 27) = 1$	$Cnnav_{\eta_{th,ecs}}(32, 27) = 1$
$Cnnav_{Paux,uext}(37, 27) = 1$	$Cnnav_{\eta_{th,ecs}}(37, 27) = 1$

Tableau 7: Valeurs de Cnnav en refroidissement

Ensuite, on complète ligne par ligne les valeurs encore manquantes, à partir des valeurs de la colonne pivot et/ou des valeurs renseignées dans d'autres colonnes.

Les lignes sont complétées :

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

si  $\{ValGUE(2,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValGUE(2,l_{ign})\} = \{ValGUE(4,l_{ign})\} \times Cnnav_{GUE}(15, 35)$$

si  $\{ValGUE(3,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValGUE(3,l_{ign})\} = \{ValGUE(4,l_{ign})\} \times Cnnav_{GUE}(25, 35)$$

si  $\{\text{ValGUE}(5, \text{I}lign)\} = 0$

$$\{\text{ValGUE}(5, \text{I}lign)\} = \{\text{ValGUE}(4, \text{I}lign)\} \times \text{Cnnam\_GUE}(45, 35)$$

si  $\{\text{ValGUE}(1, \text{I}lign)\} = 0$

$$\{\text{ValGUE}(1, \text{I}lign)\} = \{\text{ValGUE}(4, \text{I}lign)\} \times \text{Cnnam\_GUE}(5, 35)$$

Les valeurs renseignées sont bien sûr conservées. Les coefficients  $\text{Cnnam}(Y, X)$  utilisés pour passer de la valeur à la température amont  $X$  à celle à la température amont  $Y$  sont les suivantes :

GUE	Pabs
$\text{Cnnam\_GUE}(5, 35) = 1,3$	$\text{Cnnam\_Pabs}(5, 35) = 0,75$
$\text{Cnnam\_GUE}(15, 35) = 1,2$	$\text{Cnnam\_Pabs}(15, 35) = 0,85$
$\text{Cnnam\_GUE}(25, 35) = 1,1$	$\text{Cnnam\_Pabs}(25, 35) = 0,92$
$\text{Cnnam\_GUE}(45, 35) = 0,7$	$\text{Cnnam\_Pabs}(45, 35) = 1,2$
$P_{\text{aux, uext}}$	$\eta_{\text{th, ecs}}$
$\text{Cnnam\_Paux, uext}(5, 35) = 1$	$\text{Cnnam\_}\eta_{\text{th, ecs}}(5, 35) = 1$
$\text{Cnnam\_Paux, uext}(15, 35) = 1$	$\text{Cnnam\_}\eta_{\text{th, ecs}}(15, 35) = 1$
$\text{Cnnam\_Paux, uext}(25, 35) = 1$	$\text{Cnnam\_}\eta_{\text{th, ecs}}(25, 35) = 1$
$\text{Cnnam\_Paux, uext}(45, 35) = 1$	$\text{Cnnam\_}\eta_{\text{th, ecs}}(45, 35) = 1$

Tableau 8: Valeurs de Cnnam en refroidissement

### 3.2.4 PRINCIPE DE MODELISATION DU FONCTIONNEMENT A CHARGE PARTIELLE

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

La consommation à charge partielle résulte de 2 phénomènes :

1. la consommation de gaz du moteur lors de la phase de fonctionnement établi,  $P_{\text{comp}}$ ,
2. la consommation équivalente du moteur résultant des irréversibilités lors des phases d'arrêt - démarrage,

### 3.2.5 PERFORMANCES EFFECTIVES A PLEINE CHARGE (PC) ET A VITESSE MINIMALE (CONTMIN)

Par la suite, l'algorithme est explicité pour le mode chauffage, mais l'approche est rigoureusement identique en refroidissement à ceci près que les efficacités sont notées EER.

Les performances à pleine charge pour des conditions de fonctionnement données sont déterminées par double-interpolation (une sur  $\theta_{\text{amont}}(h)$  et une sur  $\theta_{\text{aval}}(h)$ ) à l'intérieur des matrices précédemment détaillées. On note  $\text{GUE}_{\text{pc}}(h)$ ,  $P_{\text{abs, pc}}(h)$ ,  $P_{\text{aux, uext, pc}}(h)$  et  $\eta_{\text{th, ecs}}(h)$  les valeurs ainsi obtenues. La procédure utilisée est décrite dans la méthode Th-BCE, chapitre 10.21 *C\_Gen\_Générateurs thermodynamiques à compression électrique*.

A l'instar de la convention relative aux PAC à compression électrique, la consommation d'auxiliaires inclut celles de l'ensemble des unités intérieures connectées en plus de celle de l'unité extérieure. Ainsi, la puissance électrique absorbée à pleine charge totale est égale à la somme des puissances absorbées par les unités intérieures et l'unité extérieure :

$$P_{\text{aux, pc}}(h) = P_{\text{aux, uext, pc}}(h) + P_{\text{aux, uint, pc}} \quad (5)$$

On caractérise tout d'abord les performances au taux de charge correspondant à la vitesse minimale de fonctionnement admise par le moteur,  $LR_{contmin}$ . Le GUE ou l'EER à ce taux de charge minimal est calculé à partir du coefficient de correction de la performance correspondant,  $Ccp_{LRcontmin}$ , pour l'ensemble moteur et auxiliaires.

$$GUE_{LRcontmin}(h) = Ccp_{LRcontmin} \cdot GUE_{PC}(h) \quad (6)$$

$$P_{fou,LRcontmin}(h) = LR_{contmin} \cdot P_{foupc}(h) \quad (7)$$

$$P_{gaz,LRcontmin}(h) = \frac{P_{fou,LRcontmin}(h)}{GUE_{LRcontmin}(h)} \quad (8)$$

### 3.2.6 FONCTIONNEMENT A VITESSE DE ROTATION VARIABLE DU MOTEUR

Soit  $Q_{req,act}(h)$  le besoin en énergie ramené à une seule machine parmi les  $R_{dim}$  identiques :

$$Q_{req,act}(h) = \frac{Q_{Req}(h)}{R_{dim}} \quad (9)$$

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable (*Fonct\_moteur = 1 : fonctionnement à vitesse variable*), lorsque  $P_{fou,LR}(h) \geq P_{fou,LRcontmin}(h)$ .

Avec :

$$LR(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{P_{foupc}(h)} \quad (10)$$

$$P_{fouLR}(h) = MIN(Q_{req,act}(h); P_{foupc}(h)) \quad (11)$$

$$Q_{rest,act}(h) = Q_{req,act}(h) - P_{foupc}(h) \quad (12)$$

Le GUE et le EER sont calculés sur la base de l'hypothèse que la consommation du moteur varie linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement à vitesse variable.

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

$$GUE_{LR}(h) = GUE_{PC}(h) \cdot \left( 1 + [Ccp_{LRcontmin} - 1] \cdot \frac{1 - LR(h)}{1 - LR_{contmin}} \right) \quad (13)$$

$$P_{gaz,LR}(h) = \frac{P_{fouLR}(h)}{GUE_{LR}(h)} \quad (14)$$

La puissance absorbée liée aux cycles marche-arrêt est quant à elle nulle, d'où :

$$P_{gaz,MA,LR}(h) = 0 \text{ (W)} \quad (15)$$

$$P_{abs,LR}(h) = P_{gaz,LR}(h) + P_{gaz,MA,LR}(h) \quad (16)$$

### 3.2.7 FONCTIONNEMENT EN CYCLE MARCHÉ ARRÊT DU MOTEUR

On rencontre ce type de fonctionnement :

- avec les machines à régulation de compresseur tout ou rien (*Fonct\_moteur = 0 : fonctionnement tout ou rien*)
- avec les machines à régulation de puissance variable (*Fonct\_moteur = 1 : fonctionnement à vitesse variable*), lorsque  $P_{fou,LR} < P_{fou,pc} \cdot LR_{contmin}$ .

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

- la puissance consommée par le moteur,  $P_{gaz,LR}$ , varie linéairement entre 0 W pour  $LR = 0\%$  et  $P_{abs,LRcontmin}$  pour  $LR = LR_{contmin}$ ,

$$P_{gaz,LR}(h) = P_{gaz,LRcontmin}(h) \cdot \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR(h)}{LR_{contmin}}\right) \quad (17)$$

- la puissance liée aux irréversibilités,  $P_{gaz,MA,LR}$ , est nulle aussi bien à charge nulle qu'au taux de charge  $LR_{contmin}$ . A l'intérieur de cette plage, sa valeur est égale à :

$$P_{gaz,MA,LR}(h) = P_{gaz,LRcontmin}(h) \cdot \frac{D_{eq} \cdot (LR_{cycl}(h)) \cdot (1 - LR_{cycl}(h))}{D_{fou0}} \quad (18)$$

$$\text{Avec : } LR_{cycl}(h) = \frac{LR(h)}{LR_{contmin}} \quad (19)$$

$D_{eq}$  est la durée équivalente liée aux irréversibilités, caractéristique de la machine, en minutes. Par convention, on pose  $D_{eq} = 0,5$  min.

$D_{fou0}$  est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0%, en minutes. Elle correspond au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Par convention, on pose  $D_{fou0} = 2,0$  min, ce qui correspond à la valeur adoptée dans Th-BCE pour les distributions à inertie très légère.

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

$$P_{abs,LR}(h) = P_{gaz,LR}(h) + P_{gaz,MA,LR}(h) \quad (20)$$

$$GUE_{LR}(h) = \frac{P_{fou,LR}(h)}{P_{abs,LR}(h)} \quad (21)$$

### 3.2.8 CONSOMMATION DES AUXILIAIRES ELECTRIQUES

La puissance absorbée par les auxiliaires électriques de la machine est considérée proportionnelle au taux de charge :

$$\begin{aligned} P_{aux,LR}(h) &= \text{MIN} \left( P_{aux,pc}(h) ; P_{aux,0} \right) \\ &+ \frac{LR(h)}{LR_{cont,min}} (P_{aux,pc}(h) - P_{aux,0}) \end{aligned} \quad (22)$$

### 3.2.9 PRODUCTION INDIRECTE D'ECS

Lorsque une production indirecte d'ECS est présente ( $IS_{prod\_ECS} = 1$  : vrai), on calcule la puissance équivalente disponible pour la production ECS indirecte par récupération thermique sur le moteur :

$$P_{ECS,LR}(h) = P_{gaz,LR}(h) \cdot \eta_{th,ecs}(h) \cdot LIM_{ECS}(h) \quad (23)$$

Où  $LIM_{ECS}(h)$  est le coefficient de limitation de la puissance de production indirecte d'ECS associé à la température limite de l'eau en sortie du moteur :

$$\begin{aligned} \text{Si } \theta_{aval(ecs)}(h) > \theta_{ECS,max} - 5^\circ\text{C}, \text{ alors : } LIM_{ECS}(h) &= 0,0 \\ \text{Sinon, } LIM_{ECS}(h) &= \text{MIN} \left( 1,0 ; \frac{\text{MAX}(0,0 ; \theta_{ECS,max} - \theta_{aval(ecs)}(h))}{\theta_{ECS,max} - \theta_{aval(ecs),nom}} \right) \end{aligned} \quad (24)$$

Avec, par convention,  $\theta_{ECS,max} = 75^\circ\text{C}$  et  $\theta_{aval(ecs),nom} = 55^\circ\text{C}$ . Ainsi, au-delà de  $\theta_{aval,ecs}(h) = \theta_{ECS,max}$ , la production indirecte d'ECS n'est plus possible.

La consommation électrique liée à la pompe de charge du circuit de production ECS n'est comptabilisée que lorsque cette fonction est activée :

$$\begin{aligned} \text{Si } P_{ECS,LR}(h) > 0,0 W, \text{ alors : } W_{pompe,ECS}(h) &= P_{pompe,ECS}(.1h) \\ \text{Sinon, } W_{pompe,ECS}(h) &= 0,0 \text{ (Wh)} \end{aligned} \quad (25)$$

### 3.2.10 CALCUL DES DONNEES DE SORTIE

L'ensemble des sorties sont calculées comme suit à la fin de chaque appel de l'algorithme :

- Consommations d'énergie du générateur :

$$Q_{cons}(h) = P_{gaz,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (26)$$

$$Q_{ceff(id\_fonction;id\_engen)}(h) = P_{gaz,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (27)$$

- Quantité d'énergie fournie par la machine pour le poste principal :

$$Q_{fou}(h) = P_{fou,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (28)$$

- Quantité d'énergie restant à fournir par l'appoint ou au pas de temps suivant :

$$Q_{rest}(h) = Q_{rest,act}(h) \cdot R_{dim} \quad (29)$$

- Taux de charge :

$$\tau_{charge}(h) = LR(h) \quad (30)$$

- Consommation des auxiliaires :

$$W_{aux,pro}(h) = [P_{aux,LR}(h) + W_{pompe,ECS}(h)] \cdot R_{dim} \quad (31)$$

- Efficacité pour le poste principale :

$$\eta_{eff}(h) = GUE_{LR}(h) \text{ (} EER_{LR}(h) \text{ en refroidissement)} \quad (32)$$

- Quantité d'énergie rejetée à la source amont :

$$\Phi_{rejet}(h) = MIN(0; P_{gaz,LR}(h) - P_{fou,LR}(h)) \cdot R_{dim} \quad (33)$$

$$\Phi_{rejet}(h) = (P_{gaz,LR}(h) + P_{fou,LR}(h)) \cdot R_{dim} \quad (34)$$

- Quantité d'énergie disponible pour la production ECS :

$$Q_{ecs}(h) = P_{ecs,LR}(h) \cdot R_{dim} \quad (35)$$

Cette quantité d'énergie est considérée disponible pour réchauffer le ballon de stockage d'ECS au pas de temps h+1, dans la mesure où l'ordre séquentiel des calculs ne permet pas de disposer de la valeur avant d'avoir déterminée la puissance absorbée en chauffage ou refroidissement.