

Aménagement, nature

MINISTÈRE DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES  
ET DU LOGEMENT

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

**Arrêté du 26 mars 2014 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative  
à la prise en compte du système « PAC Facteur 7 » dans la réglementation thermique 2012**

NOR : ETL1405576A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

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

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 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions ;

Vu l'arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E 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>

Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé et à l'article 40 de l'arrêté du 28 décembre 2012 susvisé, le mode de prise en compte du système « PAC Facteur 7 », dans la méthode de calcul Th-B-C-E 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

Article 2

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 de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 26 mars 2014.

Pour la ministre de l'égalité des territoires  
et du logement et par délégation :

*La sous-directrice de la qualité  
et du développement durable dans la construction,*

K. NARCY

Pour le ministre de l'écologie, du développement durable  
et de l'énergie et par délégation :

*Le directeur général de l'énergie et du climat,*

L. MICHEL

*La sous-directrice de la qualité  
et du développement durable dans la construction,*

K. NARCY

## ANNEXE

### MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DU SYSTÈME « PAC FACTEUR 7 » DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

#### 1. Définition du système « PAC Facteur 7 »

Au sens du présent arrêté, le système « PAC Facteur 7 » est un dispositif d'extraction des calories contenues dans les eaux grises filtrées, pour les transférer à l'eau de ville afin de produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) et la stocker à une température supérieure à 58 °C.

Les eaux grises passent par gravité à travers un filtre à tapis semi-automatique et sont stockées dans des ballons en plastique à pression atmosphérique. L'efficacité énergétique du système « PAC Facteur 7 » permet de produire tout le besoin d'ECS sans appoint en 6 heures durant les heures creuses du tarif d'électricité.

Le système est composé :

- d'une pompe à chaleur
- d'un échangeur préchauffeur statique
- de ballons de stockage d'eau chaude à niveau variable
- d'un compresseur d'air sec
- de ballons de stockage d'eaux grises à niveau variable
- d'un filtre à tapis semi-automatique
- d'un système de régulation simple+

#### 2. Champ d'application

Le présent titre V est applicable aux bâtiments ou parties de bâtiments pour les usages suivants :

- Bâtiments à usage d'habitation –
  - Logements collectifs,
  - Etablissements sanitaires avec hébergement,
  - Foyers de jeunes travailleurs,
  - Cités universitaires
- Hôtels
- Grandes cuisines (Restauration commerciale en continu),
- Etablissements sportifs municipaux ou privés
- Industries Basse température (3x8h et 8h à 18h)

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

##### 3.1 C\_STO\_Ballon\_de\_stockage

###### 3.1.1 Introduction

Un élément central des systèmes de production d'eau chaude sanitaire à accumulation est le ballon d'eau chaude sanitaire. Le ballon de stockage du système PAC Facteur 7<sup>®</sup>, dont le modèle est décrit ci-après, ne comporte aucun échangeur de chaleur.

Le modèle comporte deux zones équivalentes à volume variable, en mode de vidange et en mode de charge, chacune supposée à température uniforme.

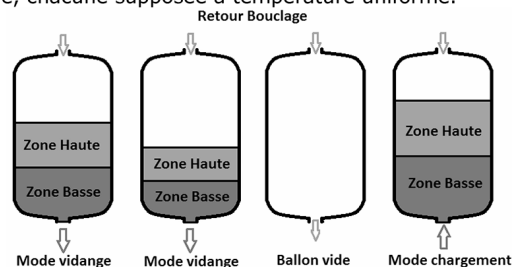


Figure 1 – Modèle simple du ballon d'eau chaude

Le stockage est à niveau variable, sans avoir de mélange eau froide / eau chaude. L'eau chaude produite par le générateur « PAC Facteur 7<sup>®</sup> » est introduite dans la zone basse du ballon. L'eau chaude est tirée de la zone basse du ballon. La partie non remplie d'eau chaude est constituée d'air comprimé.

Le système « PAC Facteur 7<sup>®</sup> » comporte aussi un stockage d'eaux grises à pression atmosphérique. Le principe de stockage est le même, ainsi que la modélisation.

### 3.1.2 Nomenclature

Entrées					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\theta_{\text{entrant}} (h)$	Température de l'eau chaude à l'entrée du ballon de stockage	°C	0	100	-
$\theta_{\text{amb}}$	Température de l'air ambiant	°C	0	100	-
$\theta_{\text{CW}}$	Température de l'eau froide	°C	0	80	-
$\theta_{z\_B} (h-1)$	Température de la zone basse du ballon au pas de temps h-1	°C	0	100	-
$\theta_{z\_H} (h-1)$	Température de la zone haute du ballon au pas de temps h-1	°C	0	100	-
$\theta_{\text{Bouclage}} (h-1)$	Température de l'eau chaude au retour de la boucle au pas de temps précédent	°C	0	100	-
$V_p (h-1)$	Volume d'eau chaude puisée du ballon à la température $\theta_{z\_B} (h)$	L	0	$+\infty$	-
$V_c (h-1)$	Volume d'eau chaude introduit au ballon d'eau chaude en provenance de la PAC	L	0	-	$V_{\text{tot}}/HC$
$V_{\text{Bouclage}} (h-1)$	Volume d'eau circulé pour le bouclage au pas de temps h-1	L	0	$+\infty$	-

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$N_{\text{zone}}$	Nombre de zones dans le ballon	-	0	$+\infty$	2
$V_{\text{tot}}$	Volume total du ballon	L	0	$+\infty$	-
$V_z$	Volume de la zone z du ballon	L	0	$V_{\text{tot}}$	-
$Is_{\text{sto\_vc}}$	Stockage en volume chauffé ou hors volume chauffé ? (= 0 hors volume chauffé / = 1 en volume chauffé)	bool	0	1	-
$b_{\text{sto-e}}$	Coefficient d'atténuation dans le cas où le stockage est hors volume chauffé mais pas directement à l'extérieur	-	0	1	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	0	$+\infty$	-
$\theta_{\text{max}}$	Température maximale du ballon	°C	0	100	

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Statut_donnée_UA	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 0 - Certifiée 1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 2 - Par défaut	-	0	2	2

Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Pe(h)$	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h	W	0	$+\infty$	-
$\theta_{z\_B} (h)$	Température de la zone basse du ballon au pas de temps h	°C	0	100	-
$\theta_{z\_H} (h)$	Température de la zone haute du ballon au pas de temps h	°C	0	100	-
$\Phi_{\text{pertes\_vc\_prim}}$	Perte thermique en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh	0	$+\infty$	-
$\Phi_{\text{pertes\_hvc\_prim}}$	Perte thermique hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe	Wh	0	$+\infty$	-

Variables internes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$(UA)_{s\_util}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	0	$+\infty$	-
$U_{Air\_Comprimé}$	Coefficient d'échange thermique pour la zone d'air comprimé	W/m <sup>2</sup> .K	0	$+\infty$	-
$Pe_{z\_H}$	Pertes thermiques de la zone haute du ballon	W	0	$+\infty$	-
$Pe_{z\_B}$	Pertes thermiques de la zone basse du ballon	W	0	$+\infty$	-
$V_{z\_H}$	Volume de la zone haute du ballon	L	0	$V_{tot}/2$	-
$V_{z\_B}$	Volume de la zone basse du ballon	L	0	$V_{tot}/2$	-
$\theta_{départ}$	Température de la boucle départ du réseau intergroupe de distribution	°C	0	$+\infty$	-
$\theta_{retour}$	Température de la boucle retour du réseau intergroupe de distribution	°C	0	$+\infty$	-

Constantes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
HC	Nombre d'heures creuses	-	0	24	6
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	-	1
$C_w$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	-	1,163

### 3.1.3 Description mathématique

#### 3.1.3.1 Types de ballon

Le ballon du système « PAC Facteur 7<sup>®</sup> » est décrit par le volume de la zone de stockage qui est toujours décomposée en deux parties de volumes équivalents ( $V_{z\_B} = V_{z\_H}$ ). Les deux zones sont caractérisées par leur :

- volume  $V_z(h)$ ,
- coefficient de perte  $U_z(h)$ ,
- température  $T_z(h)$ .

#### Volume de la zone

Le volume des zones haute et basse dépend du volume de puisage d'eau chaude et de la quantité d'eau chaude introduite dans le ballon au pas de temps  $h$ .

$$V_z(h) = V_z(h-1) - V_p + V_c$$

$$V_{z\_B}(h) = V_{z\_H}(h) = \frac{V_z(h)}{N_{zone}}$$

Avec :

- $N_{zone} = 2$
- $V_p(h) = V_{uw\_corr\_gr\_em\_e}(h) \cdot \frac{\theta_{uw}(h) - \theta_{cw}(h)}{(2 \cdot \theta_{aval}(h) + 5) / 2 - \theta_{cw}(h)}$

Sachant que  $V_p$  est le volume d'eau chaude puisée du ballon à la température de  $T_{z\_B}$

Si la PAC est en fonctionnement :

$$V_c = V_{tot} / HC$$

Sinon :

$$V_c = 0$$

#### Coefficient de perte de la zone

Le coefficient de perte du ballon est constant et appliqué sur le volume d'eau existant et sur la partie d'air comprimé :

$$U_z = UA_{s\_util} \cdot \frac{V_z}{V_{tot}} \text{ pour les zones « Eau chaude »}$$

$$U_{z\_Air\_Comprimé} = U_{Air\_Comprimé} A_{S\_util} \cdot \frac{V_{tot} - V_z}{V_{tot}} \text{ pour la zone « Air comprimé »}$$

Dans la méthode de calcul Th-BCE 2012, la donnée d'entrée pour la performance est le coefficient de pertes thermiques du ballon, UA [W/K].

Dans un premier temps, la valeur de UA sera prise par défaut tout en intégrant une valeur qui est équivalente à la valeur déterminée par la méthode Th-BCE 2012.

$$Q_{pr} = 0,189 \cdot V_{tot}^{0,55}$$

Tableau 1 – Valeurs par défaut et norme de détermination des pertes du ballon

Nature du ballon	Valeurs par défaut Pertes : Qpr [kWh/jour]	Normes de détermination des pertes des ballons
Ballon ECS effet Joule		NF EN 60379
Horizontal	Qpr = 0,939 + 0,0104 Vtot	
Vertical de volume supérieur ou égal à 75 l	Qpr = 0,224 + 0,0663 Vtot <sup>2/3</sup>	
Vertical de volume inférieur à 75 l	Qpr = 0,1474 + 0,0719 Vtot <sup>2/3</sup>	NF EN 15332
Autres ballons	Qpr = 0,189* Vtot <sup>0,55</sup>	

Les pertes du stockage sont calculées en appliquant la procédure suivante :

$$UA_{S\_util} = UA_S \times 1,2$$

$$U_z = UA_{S\_util} \cdot \frac{V_z}{V_{tot}} \text{ pour les zones « Eau chaude »}$$

$$U_{z\_Air\_Comprimé} = U_{air\_comprimé} A_{S\_util} \cdot \frac{V_{tot} - V_z}{V_{tot}} \text{ pour la zone « Air comprimé »}$$

Un calcul théorique de la résistance thermique permet de déterminer la différence du coefficient d'échange total entre la partie « Eau » et la partie « Air comprimé ».

$$\frac{1}{U_{air\_comprimé} A_{S\_util}} = \frac{1}{A_{S\_util}} \left[ \frac{1}{h_{ia}} + \frac{e_a}{\lambda_{acier}} + \frac{e_i}{\lambda_{pU}} + \frac{1}{h_e} \right] \text{ pour la partie « Air comprimé »}$$

$$\frac{1}{UA_{S\_util}} = \frac{1}{A_{S\_util}} \left[ \frac{1}{h_{ie}} + \frac{e_a}{\lambda_{acier}} + \frac{e_i}{\lambda_{pU}} + \frac{1}{h_e} \right] \text{ pour la partie « Eau chaude »}$$

Avec :

$\lambda$  conduction thermique (W/m.K)

$e$  épaisseur (m)

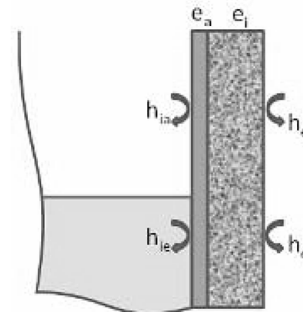
$h$  coefficient d'échange convectif (W/m<sup>2</sup>.K)

$A$  surface d'échange (m<sup>2</sup>)

$A_{S\_util}$  est la surface d'échange entre le ballon et l'air ambiant de la partie mouillée du ballon en prenant en compte la pénalité de 20 %.

$A_S$  est la surface d'échange entre le ballon et l'air ambiant de la partie mouillée du ballon sans prendre en compte la pénalité de 20 %.

Zone	$h_{ia}$	$\lambda_{acier}/e_a$	$\lambda_{PU}/e_i$	$h_e$
Air comprimé	8	15 333	2,3	4
Eau chaude	150	15 333	2,3	4



La conduction dans l'isolant est le transfert dominant et écrase les différences des coefficients eau-paroi et air comprimé-paroi. On considère que la paroi est à température homogène dans la zone d'air comprimé et le coefficient d'échange global est majoré par le coefficient de l'eau chaude. D'où :  $U_{air\_comprimé} \approx U$

Ce calcul détaillé permet de conclure que «  $U_z$  », le coefficient d'échange thermique global, est constant sur toutes les zones.

Les pertes sont les pertes thermiques du ballon vers l'air ambiant. Les pertes de chacune des deux zones sont données par les équations :

$$Pe_{z\_B}(h) = U_z \cdot (\theta_{z\_B}(h) - \theta_{amb}(h))$$

$$Pe_{z\_H}(h) = U_z \cdot (\theta_{z\_H}(h) - \theta_{amb}(h))$$

$$Pe_{z\_Air\_Comprimé}(h) = U_{z\_Air\_Comprimé} \cdot (\theta_{z\_H}(h) - \theta_{amb}(h))$$

car l'air comprimé est considéré à la même température que la zone haute du fait de la condensation de la vapeur d'eau sur la paroi de la zone d'air comprimé, et cela pour obtenir un équilibre de pression partielle.

A noter aussi que le retour du bouclage s'effectue sur les derniers volumes pleins.

Les pertes du ballon sont la somme des pertes des deux zones. Elles seront récupérables si la génération à laquelle le ballon appartient est en volume chauffé.

$$P_c(h) = \sum_z Pe_z(h) = Pe_{z\_B}(h) + Pe_{z\_H}(h) + Pe_{z\_Air\_Comprimé}(h)$$

Note : au premier pas de temps de la simulation, nous prendrons  $\theta_{z\_B}(h-1) = 60^\circ C$

### Température d'eau chaude dans chaque zone

La température de l'eau chaude dans le ballon est déterminée en deux étapes (cf. figure 2).

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

$$\theta_{z\_B}(h-1) = \theta_{z\_B}(h-1) - (Pe_{z\_B} / (V_{z\_B} \cdot \rho_w \cdot c_w))$$

$$\theta_{z\_H}(h-1) = \theta_{z\_H}(h-1) - (Pe_{z\_H} / (V_{z\_H} \cdot \rho_w \cdot c_w))$$

La température de l'air comprimé est constante du fait que le retour du bouclage est effectué dans la zone d'air comprimé.

- Détermination de la température finale après les éventuels mélanges avec le retour du bouclage et l'eau chaude entrante

$$\theta_{z\_B}(h) = \frac{(V_{z\_B}(h-1) - V_{bouclage}(h-1) - V_p(h-1)) \cdot \theta_{z\_B}(h-1) + V_{bouclage}(h-1) \cdot \theta_{z\_H}(h-1) + V_c(h-1) \cdot \theta_{entrant}(h-1)}{(V_{z\_B}(h-1) - V_p(h-1) + V_c(h-1))}$$

**Note :**  $\theta_{entrant}$  est la température de sortie de la PAC et non pas la température de l'eau de ville.

$$\theta_{z\_H}(h) = \frac{(V_{z\_H}(h-1) - V_{bouclage}(h-1)) \cdot \theta_{z\_H}(h-1) + V_{bouclage}(h-1) \cdot \theta_{retour\_prim\_e}(h-1) + V_c(h-1) \cdot \theta_{z\_B}(h-1)}{(V_{z\_H}(h-1) + V_c(h-1))}$$

Le volume de l'eau circulé dans la boucle est déterminé, selon le bilan énergétique sur la boucle, comme suit :

$$V_{\text{bouclage}}(h) = \frac{(\phi_{\text{pertes\_vc\_prim-e}}(h-1) + \phi_{\text{pertes\_lvc\_prim-e}}(h-1))}{(c_w \cdot (\theta_{\text{depart\_prim-e}}(h-1) - \theta_{\text{retour\_prim-e}}(h-1)))}$$

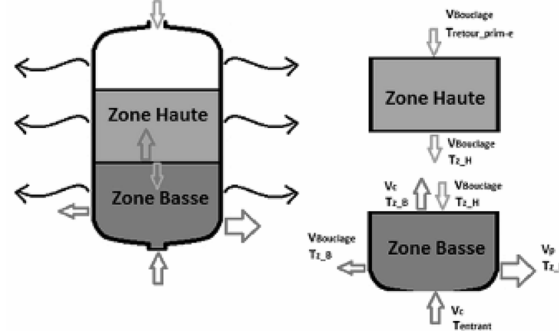


Figure 2 – Modélisation du ballon de stockage pour le système PAC Facteur 7®

### Remarque

1. A  $t = 0$ , autrement dit à l'initialisation du calcul, le volume d'eau chaude est rempli à deux volumes correspondant à deux pas de temps :

$$V_z = \frac{V_{\text{tot}}}{HC} \times 2$$

## 3.2 C\_STO\_Ballon\_de\_stockage\_d'eaux\_grises

### 3.2.1 Introduction

Le ballon de stockage d'eaux grises est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du système. Le volume d'eau dans le ballon d'eaux grises est considéré comme une seule zone.

Sur le même principe que le ballon de stockage d'eau chaude, le volume et la température de la zone unique sont modélisés à partir du bilan énergétique et la conservation de masse.

### 3.2.2 Nomenclature

Entrées					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\theta_{c\_GW}(h)$	Température des eaux grises à l'entrée du ballon	°C	0	100	-
$\theta_{amb}$	Température de l'air ambiant	°C	0	100	-
$\theta_{z\_GW}(h-1)$	Température de la zone au pas de temps h-1	°C	0	100	-
$\theta_{2nd-e}$	Température de la distribution d'ECS du groupe	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C	0	$+\infty$	-
$\theta_{uw}(h)$	Température de l'eau mitigée au puisage	°C	0	$+\infty$	-
$V_{p\_GW}(h-1)$	Volume d'eaux grises puisé du ballon à la température $\theta_{z\_GW}(h)$	L	0	$+\infty$	-
$V_{c\_GW}(h-1)$	Volume d'eaux grises introduit au ballon en provenance d'usages	L	0	-	-

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$V_{\text{tot\_GW}}$	Volume total du ballon d'eaux grises	L	0	$+\infty$	-
$V_{z\_GW}$	Volume de la zone d'eaux grises du ballon	L	0	$V_{\text{tot\_GW}}$	-
$(UA)_{s\_GW}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises	W/K	0	$+\infty$	-
$U_{\text{coll\_GW}}$	Coefficient d'échange au niveau de collecteur d'eaux grises	W/mK	0	$+\infty$	-
$L_{\text{vc\_coll-e}}$	Longueur du collecteur d'eaux grises en volume chauffé	m	0	$+\infty$	-

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Statut_donnée_UA	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée : 0 - Certifiée 1 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO 2 - Par défaut	-	0	2	2

Sorties					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Pe <sub>GW</sub> (h)	Pertes thermiques du ballon d'eaux grises à la fin du pas de temps h	W	0	+∞	-
θ <sub>z_GW</sub> (h)	Température de la zone du ballon d'eaux grises au pas de temps h	°C	0	100	-

Variables internes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
(UA) <sub>s_util_GW</sub>	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/K	0	+∞	-
Pe <sub>z_GW</sub>	Pertes thermiques de la zone du ballon d'eaux grises	W	0	+∞	-

Constantes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
HC	Nombre d'heures creuses	-	0	24	6
ρ <sub>w</sub>	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	-	1
c <sub>w</sub>	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	-	1,163

### 3.2.3 Description du code de calcul pour la partie Ballon de stockage-Eaux grises

Le volume d'eaux grises  $V_{c\_GW}$  est égal au volume d'eau mitigée  $V_{uw}$  au puisage. En réalité, si l'eau au puisage est froide, une vanne de régulation laisse passer les eaux grises directement à l'égoût si sa température est inférieure à 20 °C.

#### 3.2.3.1 Calcul des volumes disponibles

Le volume horaire introduit dans le ballon d'eaux grises est calculé à partir du volume horaire puisé d'eau chaude.

$$V_{c\_GW}(h) = V_p(h) \times \frac{\theta_{2nd-e}(h) - \theta_{cw}(h)}{\theta_{uw}(h) - \theta_{cw}(h)}$$

Le volume horaire puisé d'eaux grises est calculé à partir du volume de la zone stockée dans le ballon d'eaux grises au début de chaque fonctionnement, tout en considérant que le fonctionnement dure 6 heures.

$$V_{p\_GW}(h) = V_{z\_GW}(h_0) / 6$$

Avec  $V_{z\_GW}(h_0)$  le volume des eaux grises au démarrage du fonctionnement de la PAC.

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

$$V_{z\_GW}(h) = V_{z\_GW}(h-1) + V_{c\_GW}(h-1) - V_{p\_GW}(h-1)$$

La valeur de  $V_{z\_GW}$  est initialisée à :

$$V_{z\_GW} = V_{tot\_EG} - 2 \cdot \frac{V_{tot}}{HC} \times \frac{\theta_{2nd-e} - \theta_{cw}}{\theta_{uw} - \theta_{cw}}$$

Cette variable dépend du volume total du ballon d'eaux grises  $V_{tot\_EG}$ .

#### 3.2.3.2 Calcul des pertes

De façon similaire au calcul des pertes pour la partie Ballon de stockage Eau Chaude, les paramètres ci-après sont définis.



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

$$UA_{S\_util\_GW} = UA_{S\_GW} \times 1,2$$

$$U_{z\_GW} = UA_{S\_util\_GW} \times \frac{V_{z\_GW}}{V_{tot\_EG}}$$

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

$$Pe_{z\_GW}(h) = U_{z\_GW} \times (\theta_{z\_GW}(h-1) - \theta_{amb}(h))$$

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

$$Pe_{GW} = Pe_{z\_GW}$$

Les ballons d'eaux grises ne sont pas pressurisés ; ils sont en PVC dont la conductivité thermique est de 0,2 W/m.K.

### 3.2.3.3 Calcul des températures des zones du ballon d'eaux grises au pas de temps

Le principe est le même que celui du ballon de stockage d'eau chaude. La température des eaux grises dans la cuve est déterminée en deux étapes.

1. Détermination d'une température intermédiaire après l'effet de la perte thermique

$$\theta_{z\_GW}(h) = \theta_{z\_GW}(h-1) - \frac{Pe_{z\_GW}(h-1)}{V_{z\_GW}(h-1) \cdot \rho_w \cdot c_w}$$

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

$$\theta_{z\_GW}(h) = \frac{V_{z\_GW}(h-1) \cdot \theta_{z\_GW}(h-1) + V_{c\_GW}(h-1) \cdot \theta_{c\_GW}(h-1)}{V_{z\_GW}(h-1) + V_{c\_GW}(h-1)}$$

La température des eaux grises à l'entrée du ballon d'eaux grises est déterminée au paragraphe 3.4.

Note : A t = 0, autrement dit à l'initialisation du calcul, le volume d'eaux grises dans le ballon d'eaux grises est le volume total du ballon moins deux volumes correspondant au soutirage en deux pas de temps :

$$V_{z\_GW} = V_{tot\_GW} - 2 \times V_{tot} / HC \times \frac{(\theta_{2nd-e} - \theta_{cw})}{\theta_{mw} - \theta_{cw}}$$

### 3.4 Canalisation des eaux grises

Comme pour les pertes de la boucle d'eau chaude, la température des eaux grises à l'entrée du collecteur au sous-sol est telle que :

$$\theta_{collecteur\_GW}(h) = \theta_{uw}(h) - 7$$

La valeur de la température des eaux grises à l'entrée du collecteur est constante car la température de l'eau mitigée au puisage est considérée fixe à 40 °C dans la méthode Th-BCE 2012.

Ensuite, afin de déterminer la température des eaux grises à l'entrée du ballon d'eaux grises, les déperditions thermiques du collecteur sont calculées en fonction du diamètre du conduit et du coefficient de perte  $UA_{collecteur\_GW}$ . Les caractéristiques de ces pertes sont définies dans le tableau ci-dessous :

Diamètre extérieur du conduit (sans isolant) (mm)	Classe1	Classe2	Classe3	Classe4	Classe5	Classe6
	Coefficient de perte $U_{coll\_GW}$ (en W/m.K)					
10	0.25	0.23	0.20	0.18	0.15	0.13
20	0.29	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14
30	0.32	0.28	0.24	0.21	0.17	0.14
40	0.35	0.3	0.26	0.22	0.18	0.15
60	0.42	0.36	0.30	0.25	0.21	0.17
80	0.48	0.41	0.34	0.28	0.23	0.18
100	0.55	0.46	0.38	0.31	0.25	0.20
200	0.88	0.72	0.58	0.56	0.36	0.28
300	1.21	0.98	0.78	0.61	0.47	0.36

Tableau 1 : Coefficient de perte en fonction de l'épaisseur du conduit selon les classes d'isolation

$$Pe_{collecteur\_GW}(h) = U_{coll\_GW} \cdot L_{vc\_coll-e} \cdot \left( \frac{\theta_{collecteur\_GW}(h) + \theta_{c\_GW}(h)}{2} - \theta_{amb}(h) \right)$$

$$Pe_{collecteur\_GW}(h) = V_{c\_GW}(h) \cdot \rho_W \cdot c_W \cdot (\theta_{collecteur\_GW}(h) - \theta_{c\_GW}(h))$$

En développant ces formules,  $\theta_{c\_GW}$  sera déterminée par la relation suivante :

$$\theta_{c\_GW}(h) = \frac{1}{V_{c\_GW}(h) \cdot \rho_W \cdot c_W + 0,5 \cdot U_{coll\_GW} \cdot L_{vc\_coll-e}} \times \left[ V_{c\_GW}(h) \cdot \rho_W \cdot c_W \cdot \theta_{collecteur\_GW}(h) - U_{coll\_GW} \cdot L_{vc\_coll-e} \cdot \left( \frac{\theta_{collecteur\_GW}(h)}{2} - \theta_{amb}(h) \right) \right]$$

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

La consommation électrique globale du système est constituée de la consommation électrique du compresseur de la pompe à chaleur, de la pompe du circuit secondaire entre le condenseur (COND) et l'échangeur (EV/EBHEX), et celle des pompes de circulation d'eaux grises.

#### 3.5.1 PAC eaux grises / eau

Syst\_Thermo\_ECS = 5                      Idfougen = 3                      IdFluide\_aval = 1

	Valeur mesurée	Remarques
COP pivot	9,3	
Pabs pivot	2,45	kW
Statut	Justifié	Tests réalisés selon la norme NF EN 14511 par un laboratoire d'essai indépendant

#### 3.5.1.1 Détermination des COP

La matrice de performances des machines eaux grises / eau de ville est décrite tableau 5.1.

Tableau 5.1 - Matrice de performance des machines eaux grises /eau de ville

		T <sub>amont</sub> (eaux grises)		
T <sub>retour</sub>		25	30	35
T <sub>départ</sub>		7	8	9
T <sub>am</sub> >		16	19	22
T <sub>aval</sub>	Priorité	2	1	3
35	4			
45	1			
55	2			
65	3			

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement par l'utilisateur est la valeur pour T<sub>am</sub> = 19° C; T<sub>av</sub> = 45 °C.

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

Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini tableau 5.2.

Tableau 5.2 - Températures aux sources

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

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

Si statut\_données = 1 (il existe des valeurs de performance certifiées ou mesurées)

∀ icol,ilign → si ValECS(icol,ilign)=1, ValECS(icol,ilign)=ValECS(icol,ilign)

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

Si statut\_données = 2 (il n'existe aucune valeur certifiée ou mesurée)

ValECS\_pivot\_inter = 0,8 x Val\_util\_max

ValECS(2,2)=ValECS\_pivot\_inter

La valeur utile max a été fixée à 3,7 conformément à la méthode Th-BCE dans le paragraphe 10.21.2 dans la nomenclature du générateur thermodynamique électrique (Val\_util\_max des PAC ECS eau de nappe/eau au régime 13,5°/45° des TH-BCE).

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

Les COP non mesurés sont calculés par défaut à partir des ratios indiqués tableau 5.3.

Tableau 5.3 - Coefficients de correction en fonction des températures aux sources

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

Note : en ce qui concerne la température T<sub>amont</sub>, la température d'eaux grises est totalement indépendante de la température d'air extérieur. Elle résulte de la température de l'eau puisée, prise à 40 °C par la RT2012, les déperditions au niveau de l'usage (3 K), les déperditions dans les canalisations d'évacuation (4 K) et les déperditions calculées dans les canalisations horizontales (voir section 5.3). Or ces déperditions sont bien calculées par rapport à la température de l'air ambiant qui en elle-même dépend de la zone climatique.

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée

Si  $\{ValECS(2,1)\}=0$              $\{ValECS(2,1)\}=\{ValECS(2,2)\} * Cnnav\_COP(35,45)$   
 Si  $\{ValECS(2,3)\}=0$              $\{ValECS(2,3)\}=\{ValECS(2,2)\} * Cnnav\_COP(55,45)$   
 Si  $\{ValECS(2,4)\}=0$              $\{ValECS(2,4)\}=\{ValECS(2,2)\} * Cnnav\_COP(65,45)$

2. Les lignes sont complétées

Pour I<sub>lign</sub> allant de 1 à N<sub>θ<sub>aval</sub></sub>

Si  $\{ValECS(1,I_{lign})\}=0$              $\{ValECS(1,I_{lign})\}=\{ValECS(2,$   
 $I_{lign})\} * Cnnam\_COP(16,19)$   
 Si  $\{ValECS(3,I_{lign})\}=0$              $\{ValECS(3,I_{lign})\}=\{ValECS(2,$   
 $I_{lign})\} * Cnnam\_COP(22,19)$

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

On calcule alors  $\theta_{amont}(h)$  et  $\theta_{aval}(h)$  :

$$\theta_{depart} = \frac{\theta_{e\_evap} + 10}{5}$$

$$\theta_{amont} = \frac{\theta_{e\_evap} + \theta_{depart}}{2}$$

$$\theta_{s\_cond} = a\theta_{aval} + 10$$

$$\theta_{aval} = \frac{\theta_{e\_cond} + \theta_{s\_cond}}{2}$$

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

Si  $\theta_{amont}(h) < Val_{\theta_{amont}}(1)$   
 $i_{\theta_{am}}1 = 1$   
 $i_{\theta_{am}}2 = 1$   
 $\theta_{am}1 = \theta_{amont}(h)$   
 $\theta_{am}2 = Val_{\theta_{amont}}(1)$

Si  $\theta_{amont}(h) > Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$   
 $i_{\theta_{am}}1 = N_{\theta_{amont}}$   
 $i_{\theta_{am}}2 = N_{\theta_{amont}}$   
 $\theta_{am}1 = Val_{\theta_{amont}}(N_{\theta_{amont}})$   
 $\theta_{am}2 = \theta_{amont}(h)$

Sinon,

Pour  $i_{\theta_{amont}}$  allant de 2 à  $N_{\theta_{amont}}$ ,  
 Si  $\theta_{amont}(h) \leq Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{amont}})$ , alors,  
 $i_{\theta_{am}}1 = i_{\theta_{amont}} - 1$   
 $i_{\theta_{am}}2 = i_{\theta_{amont}}$   
 $\theta_{am}1 = Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}}1)$   
 $\theta_{am}2 = Val_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}}2)$

Coupure de la boucle 'pour'

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

Si  $\theta_{aval}(h) < Val_{\theta_{aval}}(1)$   
 $i_{\theta_{av}}1 = 1$   
 $i_{\theta_{av}}2 = 1$   
 $\theta_{av}1 = \theta_{aval}(h)$   
 $\theta_{av}2 = Val_{\theta_{aval}}(1)$

Si  $\theta_{aval}(h) > Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$   
 $i_{\theta_{av}}1 = N_{\theta_{aval}}$   
 $i_{\theta_{av}}2 = N_{\theta_{aval}}$   
 $\theta_{av}1 = Val_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$

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

Sinon,

Pour  $i_{\theta_{aval}}$  allant de 2 à  $N_{\theta_{aval}}$ ,  
Si  $\theta_{aval}(h) \leq \text{Val}_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{aval}})$ , alors,  
 $i_{\theta_{av}1} = i_{\theta_{aval}} - 1$   
 $i_{\theta_{av}2} = i_{\theta_{aval}}$   
 $\theta_{av1} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}1})$   
 $\theta_{av2} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(i_{\theta_{av}2})$

Coupure de la boucle 'pour'

### Calculs des coefficients d'interpolation

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

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

### Calcul de la performance

$$\text{COP}_{pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValECS}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValECS}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValECS}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValECS}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

#### 8.3.5.2 Calcul des puissances absorbées à pleine charge

La valeur 'pivot' à fournir systématiquement est la valeur pour  $T_{am} = 19 \text{ C}$ ;  $T_{av} = 45 \text{ °C}$   
Les valeurs absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP.

#### 3.5.2.1 Calcul des valeurs par défaut (une fois au début de simulation)

Les puissances non mesurées sont calculées par défaut à partir des ratios du tableau 5.4.

Tableau 5.4 - Coefficients de correction en fonction des températures aux sources

Températures aval	Températures amont
$\text{Cnav}_{\text{Pabs}}(55, 45) = 0,9$	$\text{Cnam}_{\text{Pabs}}(16, 19) = 1,05$
$\text{Cnav}_{\text{Pabs}}(35, 45) = 1,1$	$\text{Cnam}_{\text{Pabs}}(22, 19) = 0,9$
$\text{Cnav}_{\text{Pabs}}(65, 45) = 0,8$	

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier

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

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

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

2. Les lignes sont complétées

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

$$\text{Si } \{\text{ValPabs}(1, I_{\text{ign}})\} = 0 \quad \{\text{ValPabs}(1, I_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(5,$$

$$I_{\text{ign}}\} * \text{Cnam}_{\text{Pabs}}(16,19)$$

$$\text{Si } \{\text{ValPabs}(3, I_{\text{ign}})\} = 0 \quad \{\text{ValPabs}(3, I_{\text{ign}})\} = \{\text{ValPabs}(5,$$

$$I_{\text{ign}}\} * \text{Cnam}_{\text{Pabs}}(22,19)$$

#### 3.5.2.2 Calcul de la puissance absorbée pour le couple Tamont Taval au pas de temps

$$\text{Pabs}_{pc}(h) = (1 - C_{\theta_{am}}) * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{am}} * (1 - C_{\theta_{av}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}1})\} + C_{\theta_{av}} * (1 - C_{\theta_{am}}) * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}1}, i_{\theta_{av}2})\} + C_{\theta_{am}} * C_{\theta_{av}} * \{\text{ValPabs}(i_{\theta_{am}2}, i_{\theta_{av}2})\}$$

#### 8.3.5.3 Calcul des puissances fournies à pleine charge

Les puissances fournies à pleine charge en conditions non nominales sont égales au produit de la puissance absorbée et du COP.

Si la puissance requise par le réseau est supérieure à la puissance disponible, l'énergie restante est en sortie de ce module. Elle pourra alors être fournie par un générateur d'appoint ou reportée au pas de temps suivant.

$$Q_{req\_act} = \frac{(Q_{req\_act} + P_e)}{R_{dim}}$$

$$P_{fou\_PAC}(h) = V_c \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (T_{s\_cond} - T_{e\_cond})$$

si  $Lim\_Theta = 0$

$$Q_{rest\_act} = \max\{0; Q_{req\_act} - P_{fou\_PAC}(h)\}$$

sinon si  $Lim\_Theta = 1$  **et** si  $\theta_{amont}(h) < Theta\_min\_am$  **ou** si  $\theta_{aval}(h) > Theta\_max\_av$

$$Q_{rest\_act} = Q_{req\_act}$$

$$P_{fou\_PAC}(h) = 0$$

sinon si  $Lim\_Theta = 2$  **et** si  $\theta_{amont}(h) < Theta\_min\_am$  **et** si  $\theta_{aval}(h) > Theta\_max\_av$

$$Q_{rest\_act} = Q_{req\_act}$$

$$P_{fou\_PAC}(h) = 0$$

$$Q_{cef}[\text{électricité}] = \frac{P_{fou\_pac}}{COP_{pc}} + C_{pompe}$$

Si la PAC n'est pas en fonctionnement

$$P_{fou\_pac} = 0$$

$$C_{pompe} = 0$$

Notes

1. Pour le fonctionnement à charge partielle ou nulle, la méthode Th-BCE est appliquée. Le taux de charge LR est toujours égal à 1.