

## ANNEXE

### Modalités de prise en compte du système de PAC sur eaux grises dans la réglementation thermique 2012

#### **1. Description générale**

Au sens du présent arrêté, le système de PAC sur Eaux grises avec stockage est un système de récupération de chaleur sur les eaux usées. L'énergie thermique ainsi récupérée est recyclée dans les installations d'eau chaude collectives via une pompe à chaleur eau/eau.

Le système est composé :

- D'un système de transit ou de stockage des eaux ménagères au sens de la NF EN 16323 (également appelées eaux grises) pouvant différer suivant l'emploi du système ERS de Biofluides ou PAC FACTEUR 7 de Solaronics Chauffage ;
- D'une pompe à chaleur sur eaux grises avec la présence éventuelle d'un préchauffeur sur l'eau froide ;
- D'un ballon de stockage classique ou à pression variable. Dans le cas du ballon variable, le système permet de produire (suivant le dimensionnement) **tout le besoin sans appoint ou alors avec un appoint séparé instantané (notamment pour le maintien de la boucle en température) ;**
- D'un générateur d'appoint (le cas échéant).

Le système ERS est composé de :

- Un ballon de captage ;
- Une ou plusieurs pompes à chaleur avec ou sans préchauffeur statique, éventuellement alimentée directement en électricité par un appoint ECS de type micro-cogénération pilotée par l'ERS et permettant une compression entraînée par un moteur thermique ;
- Un ou plusieurs ballons de stockage classique ;
- Une cuve de transit d'eaux grises.

Le système PAC FACTEUR 7 est composé de :

- Une pompe à chaleur électrique ou moteur gaz ;
- Une pompe d'amenée d'eaux grises à la PAC ;
- Un échangeur préchauffeur statique ;
- Ballons (au moins 2) de stockage d'eau chaude, pouvant être classique ou à niveau variable ;
- Un compresseur d'air sec (stockage à niveau variable) ;
- Ballons de stockage d'eaux grises à niveau variable ;
- Un filtre automatique ;
- Un système de régulation simple.

La modélisation de la PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel (GHP) se base sur l'Annexe de l'Arrêté du 1er juillet 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel » dans la réglementation thermique 2012, dans le cas où il n'y a pas de Production indirecte d'ECS par les PAC moteur.

---

## **2. Domaine d'application**

Le champ d'application du système PAC sur eaux grises avec stockage s'étend aux :

1. Bâtiments à usage d'habitation (Logements collectifs, établissements sanitaires avec hébergement, foyers de jeunes travailleurs et cités universitaires)
2. Hôtels
3. À tous les usages de restauration commerciale
4. Établissements sportifs municipaux ou privés
5. Industries Basse température (3x8h et 8h à 18h),
6. Bureaux
7. Hôpitaux,
8. Crèches,
9. Cités universitaires

La prise en compte du système PAC sur eaux grises avec stockage n'est possible que si la cuve de récupération est effectivement raccordée aux eaux usées, et si le type d'eaux usées raccordées ne remettent pas en cause le bon fonctionnement du système.

Les réseaux de distribution entre la PAC et les ballons sont à minima **de classe 2** et régulièrement maintenus à une température supérieure à 50°C.

La prise en compte des eaux grises issus des eaux de lave-linge et lave-vaisselle est possible uniquement dans le cas d'un projet de bâtiment à usage résidentiel collectif.

---

### **3. Méthode de prise en compte**

Le système PAC sur EG est modélisé par six éléments. Suivant la configuration du système PAC sur EG du projet, la modélisation fait appel ou non à ces éléments

Le premier est la prise en compte des « Eaux grises ». Elle assure le calcul à partir des indicateurs temporels de la quantité d'eaux grises disponibles.

Le deuxième est de type « Source amont » qui décrit les sources amont de type eaux grises pouvant être liées à la PAC sur eaux grises.

Le troisième est de type « Pompe à chaleur » qui permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques ayant pour source amont les eaux grises. Ces systèmes peuvent être soit à compression électrique soit à moteur gaz (compresseur mécanique entraîné par un moteur thermique) en fonctionnement ECS.

Le quatrième est de type « Production Stockage », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir le modèle correspondant au système PAC FACTEUR 7 à savoir un chauffe-eau avec base et à appoint séparé instantané.

Le cinquième est de type « Gestion Régulation », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et définit l'énergie à fournir par le générateur pour couvrir les besoins ECS.

Le sixième est de type « Ballon de stockage », valable seulement pour le système PAC FACTEUR 7, et décrit le fonctionnement du ballon de stockage à volume variable du système PAC FACTEUR 7.

*Calcul du volume d'eaux grises avec prise en compte des eaux de lavage*

*Pour le système PAC sur eaux grises type ERS et FACTEUR 7*

## 1. INTRODUCTION

Les besoins d'ECS sont déterminants dans la prise en compte du système PAC sur eaux grises avec stockage. Ils représentent la quantité d'ECS à fournir par le système de production, et influencent aussi la quantité d'eaux grises qui sera utilisable pour la récupération de chaleur.

Actuellement, les eaux de laves linges et laves vaisselles ne sont pas intégrées dans la quantité d'eaux grises émises par les différents usages. Ces volumes d'eaux chauffées n'interviennent pas non plus dans les besoins en eau chaude sanitaire, puisque la majorité de ces appareils sont raccordés en eau froide. Les eaux de lavage sont chauffées par la résistance électrique interne aux appareils. Ces eaux, chauffées entre 30 et 90°C, participent au rendement énergétique de la PAC sur eaux grises avec stockage sont prises en compte dans cette fiche algorithmique.

## 2. NOMENCLATURE DU MODÈLE

Pour les besoins et émissions en ECS repris de la méthode de calcul Th-BCE 2012 ainsi que les constantes et paramètres intrinsèques pour la prise en compte des eaux de lavage.

Entrées		
Nom	Description	Unité
$i_{ecs}(j)$	Indicateur qui précise si le jour $j$ est inclus dans la période de fonctionnement de la génération ECS.	Entier
ah	Clé de répartition horaire	-
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide entrant dans le système de préparation de l'ECS (dépend de la zone climatique)	°C

Sorties		
Nom	Description	Unité
$T_{hor}^{EG}$	Température des eaux grises	°C
$V_{hor}^{EG}$	Volume horaire des eaux grises à la température $T_{hor}^{EG}$	L

Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
gain <sub>em-e</sub>	Gain sur les besoins d'ECS dû aux émetteurs d'ECS	-	0	$+\infty$	

Rat <sub>douches-bains</sub>	Pourcentage conventionnel des besoins d'ECS dédiés aux douches et/ou aux bains	-	0	1	
gain <sub>app-e</sub>	Gain sur les besoins d'ECS dû aux appareils sanitaires d'ECS	-	0	+∞	
Usage <sub>zone</sub>	Type d'usage de la zone				
Is_LL_LV	Indicateur de présence de lave-linge et lave-vaisselle	bool			

Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
A <sup>gr</sup>	Surface utile du groupe	m <sup>2</sup>	0	+∞	-
Rat <sub>eme</sub> <sup>gr,em-e</sup>	Ratio de surface du groupe desservi par un émetteur ECS équivalent	-	0	1	-
Nu <sup>gr,em-e</sup>	Nombre d'unités caractéristiques desservies par un émetteur ECS équivalent (pour les usages autres que maison individuelle ou accolée et logement collectif)	-	0	+∞	
Nb <sub>lgt-e</sub> <sup>gr,em-e</sup>	Nombre de logements desservis par un émetteur ECS équivalent (pour un logement collectif)	-	1	+∞	
Nb <sub>maison</sub> <sup>gr,em-e</sup>	Nombre de maisons desservies par un émetteur ECS équivalent (pour des maisons individuelles, >1 pour les maisons accolées)	-	1	+∞	
M <sub>part</sub> <sub>em-e</sub> <sup>em-e</sup>	Matrice de représentativité des trois catégories d'émetteurs (1-mélangeurs et autres / 2-mitigeurs thermostatiques et mécaniques économes/ 3- électroniques et temporisateurs)	-	-	-	
Part <sub>autre</sub> <sup>em-e</sup>	Part des besoins d'ECS passant par des mélangeurs, pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
Part <sub>mit_thermo</sub> <sup>em-</sup>	Part des besoins d'ECS passant par des mitigeurs thermostatiques et les mitigeurs mécaniques économes, pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
Part <sub>tempo</sub> <sup>em-e</sup>	Part des besoins d'ECS passant par des robinets électroniques et les temporisateurs (électroniques ou mécaniques), pour un émetteur ECS équivalent	-	0	1	
App_ECS	Type d'appareils sanitaires ECS lié à l'émetteur ECS équivalent (= 1 si douche(s) seule(s) / = 2 si baignoire standard / = 3 si grande baignoire)	-	1	3	

Id <sub>corr</sub>	Mode de calcul du coefficient correctif de l'émission équivalente d'ECS (= 0 calcul détaillé / = 1 calcul simplifié)	-	0	1	-
Corr_util <sup>gr,em-e</sup>	Valeur à saisir du coefficient correcteur	-	0	1	-

Constantes du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Débit <sub>heb_LL</sub>	Volume hebdomadaire d'eau de lavage en lave-linge par adulte équivalent	L.sem <sup>-1</sup> Nb_ad_eq <sub>1</sub>	-	-	24
Débit <sub>heb_LV</sub>	Volume hebdomadaire d'eau de lavage en lave-vaisselle par adulte équivalent	L.sem <sup>-1</sup> Nb_ad_eq <sub>1</sub>	-	-	13.2
$\theta^{LL}$	Température des eaux grises issues des laves linges	°C			33
$\theta^{LV}$	Température des eaux grises issues des laves vaisselles	°C			48
$\theta_{uw}$	Température de l'eau mitigée au point de puisage	°C			40

### 3. ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

#### A) EMISSIONS D' ECS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche *C\_EIN\_émissions\_ECS* est repris. On ne considère que les équations traitant du volume d'ECS. On souhaite ici calculer le coefficient correcteur appliqué à chaque appareil sanitaire émetteur d'ECS.

On calcule les besoins d'ECS par émission équivalente avec les 2 paramètres suivants :

- Le ratio de surface utile du groupe desservi  $Rat_{eme}^{gr,em-e}$  ;
- Le nombre d'unités concernées (maisons accolées, logements).

Il est important que la somme des ratios de surface utile du groupe desservi soit égal à 1.

$$\sum_{em-e} Rat_{eme}^{gr,em-e} = 1 \quad (1405)$$

La surface du groupe desservi par un émetteur ECS s'exprime de la façon suivante :

$$A^{gr,em-e} = Rat_{eme}^{gr,em-e} \cdot A^{gr} \quad (1406)$$

L'utilisateur attribue le pourcentage des besoins d'ECS qui passe par les 3 catégories d'émetteurs :

$$M_{part_{em-e}}^{em-e} = [Part^{em-e}_{autre}; Part^{em-e}_{mit\_thermo}; Part^{em-e}_{tempo}] \quad (1407)$$

La somme de ces coefficients doit être égale à 1. Pour chaque catégorie on associe un gain potentiel sur les besoins d'ECS :

- Mélangeurs, mitigeurs mécaniques et autres : 0% ;
- Mitigeurs thermostatiques et mitigeurs mécaniques économes : 5% ;
- Temporisateurs et robinets électroniques : 7%.

On calcule donc un coefficient de correction sur les besoins d'ECS associés :

$$corr_{em-e}^{gr,em-e} = 1 - \sum_i M_{part_{em-e}}(i) \cdot gain_{em-e}(i) \quad (1408)$$

On nomme  $Rat_{douches-bains}$  le pourcentage conventionnel des besoins hebdomadaires d'ECS dédiés aux douches et/ou bains. Il est de 80% pour les maisons individuelles ou accolées et logements collectifs ; de 90% pour les hôtels partie nuit, hébergement et établissements sportifs ; de 50% pour les établissements d'accueil de la petite enfance et les bureaux. On suppose aussi un gain (positif ou négatif) en fonction du type d'appareils sanitaires.

Le coefficient correctif global appliqué aux appareils sanitaires est donc :

$$corr_{app-e}^{gr,em-e} = 1 - (Rat_{douches-bains} \cdot gain_{app-e}) \quad (1409)$$

Globalement, on a donc :

- Si $Id_{corr} = 0$ (Calcul détaillé)	$corr_e^{gr,em-e} = corr_{app-e}^{gr,em-e} \cdot corr_{em-e}^{gr,em-e}$	(1410)
- Si $Id_{corr} = 1$ (Calcul simplifié)	$corr_e^{gr,em-e} = corr_{util}^{gr,em-e}$	(1410)

## B) BESOIN D' ECS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche  $C\_EIN\_besoins\_ECS$  est repris. On ne considère que les équations traitant du volume d'ECS.

Le volume d'eau chaude mitigée exprimé en litres pour une heure donnée vaut :

$$V_{uw}(h) = a \cdot ah \cdot Nu \quad (1413)$$

Le volume total hebdomadaire d'ECS est le produit des besoins unitaires  $a$  (en nombre de litres d'eau à la température  $\theta_{cw}$ ) et du nombre d'unités caractéristiques de l'émetteur ECS équivalent  $Nu_{gr,em-e}$ . Pour les



usages maison individuelle ou accolée et logements collectifs, le nombre d'unités est le nombre d'adultes équivalents  $N_{adeq}$ , calculée à partir de la fiche algorithme des scénarios conventionnels.

En usage logements collectifs ( $Usage_{zone} = 2$ ), la surface moyenne d'un logement desservi par l'émetteur ECS équivalent vaut :

$$A_{lgt}^{gr,em-e} = \frac{A^{gr,em-e}}{Nb_{lgt-e}^{gr,em-e}} \quad (1419)$$

On calcule ensuite :

$$N_{max}^{gr,em-e} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} < 10m^2 \\ 1,75 - 0,01875 \cdot (50 - A_{lgt}^{gr,em-e}) & \text{si } 10m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} < 50m^2 \\ 0,035 \cdot A_{lgt}^{gr,em-e} & \text{si } 50m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} \end{cases} \quad (1420)$$

Le nombre d'adultes équivalents total est défini par :

$$Nu^{gr,em-e} = N_{adeq-e}^{gr,em-e} = Nb_{lgt-e}^{gr,em-e} \times \begin{cases} N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } A_{lgt}^{gr,em-e} < 10m^2 \\ 1,75 + 0,3 \times (N_{max}^{gr,em-e})^{1,75} & \text{si } 10m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} < 50m^2 \\ N_{max}^{gr,em-e} & \text{si } 50m^2 < A_{lgt}^{gr,em-e} \end{cases} \quad (1421)$$

On exprime ensuite les besoins unitaires :

$$a^{gr,em-e} = \min \left( 500; \left( 40 \cdot \frac{A^{gr,em-e}}{N_{adeq-e}^{gr,em-e}} \right) \right) \quad (1422)$$

On arrive donc à un volume hebdomadaire à  $\theta_{uw}$  par émetteur ECS équivalent :

$$V_{uw\_heβδο}^{gr,em-e} = a^{gr,em-e} \cdot Nu^{gr,em-e} \quad (1423)$$

Pour valoriser les appareils économes en ECS, on applique un FACTEUR correctif :

$$V_{uw\_heβδο\_corr}^{gr,em-e} = V_{uw\_heβδο}^{gr,em-e} \cdot corr\_e^{gr,em-e} \quad (1424)$$

Pour chaque usage, les profils de soutirage sont définis par la RT2012 et détaillés dans les scénarios. Ils varient en fonction du mois de l'année et du jour de la semaine, ainsi que de l'heure de la journée. On obtient ainsi une répartition du nombre de litre d'eau total hebdomadaire à  $\theta_{uw}$  par émetteur ECS équivalent selon une clé de répartition horaire  $ah$ .

$$V_{uw\_hor\_corr}^{gr,em-e}(h) = V_{uw\_heβδο\_corr}^{gr,em-e} \cdot ah \quad (1)$$

### C) VOLUME D'EAUX GRISES

On peut ensuite calculer le volume hebdomadaire d'eaux grises de lavage en fonction du nombre d'adultes équivalents :

- Pour les laves linge :

$$V_{hedbo}^{LL} = Nadeq. Débit_{heb_{LL}}. IsLL_{LV} \quad (2)$$

- Pour les laves vaisselle :

$$V_{hedbo}^{LV} = Nadeq. Débit_{heb_{LV}}. IsLL_{LV} \quad (3)$$

A chaque pas de temps, le volume d'eaux grises issues des laves linge et laves vaisselles peut être exprimé :

- Pour les laves linge :

$$V_{hor,corr}^{LL}(h) = V_{hedbo}^{LL}. clé_{hor}^{LL}. f_{corr}^{LL} \quad (4)$$

- Pour les laves vaisselle :

$$V_{hor,corr}^{LV}(h) = V_{hedbo}^{LV}. clé_{hor}^{LV}. f_{corr}^{LV} \quad (5)$$

en appliquant la clé de répartition pour chaque heure de la journée et chaque jour de la semaine, puis le FACTEUR correctif mensuel.

On peut ensuite obtenir le volume total d'eaux grises :

$$V_{hor}^{EG}(h) = V_{hor}^{LL}(h) + V_{hor}^{LV}(h) + V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h) \quad (6)$$

On peut enfin calculer la température d'arrivée des eaux grises au système PAC sur eaux grises avec stockage :

$$T_{hor}^{EG}(h) = \frac{\theta^{LL}.V_{hor}^{LL}(h) + \theta^{LV}.V_{hor}^{LV}(h) + (\theta_{uw}-7).V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h)}{V_{hor}^{LL}(h) + V_{hor}^{LV}(h) + V_{uw,hor,corr}^{gr,em-e}(h)} \quad (7)$$

où  $\theta^{LL} = 33^{\circ}\text{C}$  et  $\theta^{LV} = 48^{\circ}\text{C}$  sont les températures moyennes après pertes en lignes des eaux de lavage des laves linge et laves vaisselles.

Les clés de répartition horaire et facteurs correctifs de la semaine pour les eaux grises issues des laves linges et laves vaisselles sont présentées ci-dessous.

Clé de répartition horaire d'utilisation des lave-linge																								
jour/semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
2	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
3	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
4	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
5	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,007	0,012	0,012	0,010	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002
6	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,013	0,017	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,004	0,004	0,002
7	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,013	0,017	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,004	0,004	0,002

Clé de répartition horaire d'utilisation des lave-vaisselle																								
jour/semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
2	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
3	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
4	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
5	0,004	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,008	0,006	0,004	0,004	0,008	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,004	0,008	0,011	0,009	0,008	0,006
6	0,008	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,008	0,008	0,008	0,012	0,014	0,012	0,009	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008
7	0,008	0,006	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,008	0,008	0,008	0,012	0,014	0,012	0,009	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,008	0,008

Facteur correctif de la semaine Lave-linge												
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0	0,9	1	1	1
2	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0	0,9	1	1	1
3	1,15	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	1
4	1,15	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	0
5			1,1		1			0,8			1	

Facteur correctif de la semaine Lave-vaisselle												
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0	1	1,1	1	1,05
2	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0	1	1,1	1	1,05
3	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0,85	1	1,1	1	1,05
4	1,15	1,05	1,1	1	1	0,9	0,75	0,85	1	1,1	1	0
5			1,1		1			0,85			1	

Modèle de fiche algorithme

*Fiche algorithme Source amont*

*pour le système PAC sur eaux grises avec stockage*

*type ERS et FACTEUR 7*

## A. INTRODUCTION

Cette fiche décrit les sources amont de type eaux grises pouvant être liées à la PAC sur eaux grises.

## B. PAC FACTEUR 7

On décrit dans un premier temps le modèle du ballon d'eaux grises, servant de source amont à la PAC pour le système PAC FACTEUR 7.

### B.1. NOMENCLATURE DU MODÈLE

Entrées <sup>1</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sub>2</sub>	Def <sup>3</sup>
$T_{hor}^{EG}(h)$	Température des eaux grises	°C		
$V_{hor}^{EG}(h)$	Volume horaire des eaux grises à la température $T_{hor}$	L		
$Q_{fouPAC}(h-1)$	Puissance fournie par la PAC au ballon de stockage lors de l'heure précédente	W		

Paramètres du module <sup>4</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sub>5</sub>	Def
$V_{tot\_GW}$	Volume total du ballon d'eaux grises	L	$[0, +\infty[$	
$(UA)_{s\_GW}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'eaux grises	W/K	$[0, +\infty[$	-
Statut_do	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée :	-	{1, 3}	-

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

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

<sup>3</sup> Valeur par défaut

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

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

nnée_UA_s_GW	3 - Certifiée  2 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO  1 - Par défaut			
L_vc_coll_e	Longueur totale du collecteur des eaux grises	m	[0, +∞[	-
UA_collecteur_GW	Coefficient de pertes thermiques du collecteur	W/m.K	[0, +∞[	-
ECS_EG	Emetteur(s) d'ECS connecté(s) au ballon de récupération d'eaux grises {Usage de la zone, surface du groupe, Ratem-e,nb d'unités caractéristiques, idcorr_em, %mélangeur, %mitigeur, %temporisateur, app_ecs, corr_util}	-		

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
Pe <sub>GW</sub> (h)	Pertes thermiques du ballon d'eaux grises à la fin du pas de temps h	W	[0, +∞[	
θ <sub>amont</sub> (h)	Température amont	°C	[0, 100]	

Variables internes <sup>6</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
(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, +∞[	-
Vz_GW	Volume de la zone d'eaux grises du ballon	L	[0, +∞[	-
U <sub>z_GW</sub>	Pertes thermiques de la zone d'eaux grises du	W/K	[0, +∞[	

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

	ballon			
$\theta_{\text{collecteur\_GW}}$	Température de l'eau entrant dans le collecteur	°C	[0, 100]	
$Pe_{\text{collecteur\_GW}}$	Pertes thermiques au niveau du collecteur d'eaux grises	W	$[0, +\infty[$	-
$V\_p$	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	L	$[0, +\infty[$	
$\theta_{z\_GW} (h-1)$	Température de la zone au pas de temps h-1	°C	[0, 100]	-
$V_{p\_GW} (h-1)$	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 dans le ballon en provenance d'usages	L	$[0, +\infty[$	-
$\theta_{c\_GW} (h)$	Température des eaux grises à l'entrée du ballon	°C	[0, 100]	-

<b>Constantes<sup>7</sup></b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
$c_w$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163
$\theta_{\text{puisage}}$	Température de puisage	°C	[0, 100]	40
$\theta_{\text{amb}}$	Température de l'air ambiant	°C	[0, 100]	20

## **B.2. DESCRIPTION DU BALLON DE STOCKAGE D' EAUX GRISES**

Le ballon de stockage d'eaux grises est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du système. Le stockage est également un stockage à niveau variable et donc la température est considérée constante pour deux raisons :

les eaux grises entrent par la partie supérieure du ballon et sortent en partie basse  
la température de stockage est relativement proche de la température d'ambiance, ce qui fait que les déperditions sont minimales.

---

<sup>7</sup> Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

Donc, le volume d'eau dans le ballon d'eaux grises est considéré comme une seule zone.

### B.3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

#### *Initialisation des variables*

$$\theta_{z\_GW}(0) = 33 \quad (1)$$

La valeur de  $V_{z\_GW}$  est initialisée à 0.

#### *Calcul des volumes disponibles*

Le volume d'eaux grises  $V_{c\_GW}$  est égal au volume d'eaux grises  $V_{hor}^{EG}$  issu du calcul des eaux grises (cf. Annexe 6).

#### CANALISATION DES EAUX GRISES

La température des eaux grises à l'entrée du collecteur au sous-sol est telle que :

$$\theta_{CollecteurGW}(h) = T_{hor}^{EG}(h) \quad (2)$$

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 l'arrêté du 21 février 2012.

$$\theta_{c\_GW}(h) = \theta_{collecteur\_GW}(h) - \frac{Pe_{collecteur\_GW}(h)}{UA_{collecteur\_GW}} \quad (3)$$

On considère que les calculs pour le pas de temps  $h$  sont faits au début de ce pas de temps. Ce qui arrive au moment  $h$  dépend donc de ce qu'il s'est produit dans le pas de temps précédent.

Le volume horaire puisé d'eaux grises est obtenu à partir du volume d'eaux grises puisées par le générateur lors de l'heure d'avant

$$V_{p\_GW}(h-1) = Q_{fouPAC}(h-1) / ((\theta_{amont}(h-1) - 5) \cdot \rho_w \cdot c_w)$$

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



$$V_{z_{GW}}(h) = \min(V_{z_{GW}}(h-1) + V_{c_{GW}}(h-1) - V_{p_{GW}}(h-1), V_{tot_{GW}}) \quad (4)$$

### **Calcul des pertes**

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

$$UA_{S_{util_{GW}}} = UA_{S_{GW}} \times 1,2 \quad (5)$$

car la valeur est déclarée.

$$U_{z_{GW}} = UA_{S_{util_{GW}}} \cdot \frac{V_{z_{GW}}}{V_{tot_{GW}}} \quad (6)$$

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 :

$$Pe_{z_{GW}}(h) = U_{z_{GW}} \times (\theta_{z_{GW}}(h-1) - \theta_{amb}(h)) \quad (7)$$

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

$$Pe_{GW} = Pe_{z_{GW}} \quad (8)$$

car le ballon est formé d'un seul volume.

### **Calcul de la température de la zone du ballon d'eaux grises au pas de temps précédent**

La température des eaux grises dans la cuve est déterminée en deux étapes.

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

$$\theta_{z_{GW}}(h) = \theta_{z_{GW}}(h-1) - \frac{Pe_{z_{GW}}(h-1)}{V_{z_{GW}}(h-1) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (9)$$

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

$$\theta_{z\_GW}(h) = \frac{V_{z\_GW}(h-1) \cdot \theta_{z\_GW}(h) + V_{c\_GW}(h-1) \cdot \theta_{c\_GW}(h-1)}{V_{z\_GW}(h-1) + V_{c\_GW}(h-1)} \quad (10)$$

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{z\_GW}(h)$$

## C. ERS

On décrit ici le fonctionnement de la source amont de la PAC pour le système ERS.

### C.1. NOMENCLATURE DU MODÈLE

Entrées <sup>8</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>9</sup>	Def <sup>10</sup>
$Q_{\text{amontPAC}}(h-1)$	Quantité de chaleur prélevée par la PAC au pas de temps précédent	J		
$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température ambiante (de l'endroit où est la cuve, déterminée au niveau de la génération ERS)	°C		
$R_{\text{dim}}$	Ratio de dimensionnement du générateur			
$T_{\text{charge}}^{\text{gnr}}(h)$	Taux de charge de la PAC au pas de temps h.			
$P_{\text{MaxPAC}}$	Puissance maximale de la PAC	W		
$T_{\text{hor}}^{\text{EG}}$	Température des eaux grises	°C		
$V_{\text{hor}}^{\text{EG}}$	Volume horaire des eaux grises à la température $T_{\text{hor}}^{\text{EG}}$	L		

Paramètres du module <sup>11</sup>				
Nom	Description	Unité	Intervalle <sup>12</sup>	Def
$\theta_{\text{EGmin}}$	Température minimum de sortie des eaux grises	°C		6
$\theta_{\text{amontMin}}$	Température minimum du circuit de captage	°C		1

<sup>8</sup> Valeurs opérées par d'autres modules

<sup>9</sup> Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debugage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ( [...], [...] etc.).

<sup>10</sup> Valeur par défaut

<sup>11</sup> Rentrés par l'utilisateur

<sup>12</sup> Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ( [...], [...] etc.).

$V_{\text{Ballon Amont}}$	Volume du ballon tampon de captage ERS	L		
$UA_{\text{Surface}}$	Coefficient d'échange de la cuve ERS par unité de surface d'échange	W/K.m <sup>2</sup>		
$S_{\text{éch}}$	Surface d'échange de la cuve	m <sup>2</sup>		
$V_{\text{éch}}$	Volume de la zone échangeur	L		
$V_{\text{dec}}$	Volume de la zone décanteur	L		

<b>Sorties</b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
$\theta_{\text{retour amont}}(\text{h})$	Température amont du générateur gnr, dans le cas des générateurs thermodynamiques	°C		
$P_{\text{maxSourceAmont}}$	Puissance maximale disponible	W		

<b>Variables internes<sup>13</sup></b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
$UA_{\text{échangeur}}$	Coefficient d'échange total de la cuve ERS	W/K		
$\theta_e$	Température de l'entrée du bac récupérateur du système ERS	°C		
$V_{\text{ERS}}(\text{h})$	Volume d'eau horaire à $\theta_{uw}$ pour le système de préparation ERS	L		
$U_{\text{éch}}$	Coefficient de perte de la zone échangeur de la cuve	W/K		
$R(\text{h})$	Ratio du volume d'eau grise arrivant sur le volume de cuve	-		
$V_{\text{PR}}(\text{h})$	Volume d'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps	L		
$V_{\text{PS}}(\text{h})$	Volume d'eau grise présente au début du pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (sortante) pendant ce pas de temps (dû à l'arrivée d'eau grise nouvelle)	L		
$V_{\text{NR}}(\text{h})$	Volume d'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (restante) à la fin de ce pas de temps	L		
$V_{\text{NS}}(\text{h})$	Volume d'eau grise nouvelle arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et	L		

<sup>13</sup> Variables utilisées uniquement dans le module courant.

	évacuée (sortante) pendant ce pas de temps			
$C_{thermPR}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume PR	-		
$C_{thermPS}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume PS	-		
$C_{thermNR}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume NR	-		
$C_{thermNS}(h)$	Coefficient d'échange thermique potentiel du volume NS	-		
$\theta_{EGéchMoy}(h)$	Température moyenne des eaux grises vue par les échangeurs	°C		
$\theta_{amontPAC-Cuve}(h)$	Température départ amont de la PAC et entrant dans la cuve	°C		
$\theta_{amontBallon-PAC}(h)$	Température du ballon de captage de PAC	°C		
$\theta_{PR}(h)$	Température moyenne du volume PR au début du pas de temps	°C		
$\theta_{PS}(h)$	Température moyenne du volume PS au début du pas de temps	°C		
$\theta_{NR}(h)$	Température moyenne du volume NR au début du pas de temps	°C		
$\theta_{NS}(h)$	Température moyenne du volume NS au début du pas de temps	°C		
$\theta_{PR\ finale}(h)$	Température moyenne du volume PR après captage	°C		
$\theta_{PS\ finale}(h)$	Température moyenne du volume PS après captage	°C		
$\theta_{NR\ finale}(h)$	Température moyenne du volume NR après captage	°C		
$\theta_{NS\ finale}(h)$	Température moyenne du volume NS après captage	°C		
$\theta_{EGéchRestantMitigé}$	Température moyenne de l'eau grise restant dans la zone échangeur	°C		
$\theta_{EGéchRestantFinale}$	Température moyenne de l'eau grise restant dans la zone échangeur après l'application des pertes thermiques	°C		
$P_{Cuve}(h)$	Puissance thermique prélevée dans la cuve	W		
$P_{CuveMaxEchange}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve selon la température minimum amont et le coefficient d'échange	W		
$P_{CuveMaxPotentielle}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve selon la température minimum eaux grises	W		
$P_{CuveMax}(h)$	Puissance thermique maximum prélevée dans la cuve	W		
$P_{CuveBrute}(h)$	Puissance thermique non saturée prélevée dans	W		

	la cuve			
$Q_{CuvePrélèVPR}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume PR	J		
$Q_{CuvePrélèVNR}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume NR	J		
$Q_{CuvePrélèVNS}(h)$	Chaleur à prélever dans le volume NS	J		

<b>Constantes<sup>14</sup></b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
$U_{déc}$	Coefficient de pertes de la zone décanteur	W/K		8,5
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	Kg/L		1
$UA_{pertes\_surf}$ $ace\_ech$	Coefficient de pertes dans la zone échangeur par unité de surface	W/K.m <sup>2</sup>		1.6
$UA_{surface}$	Coefficient d'échange par unité de surface	W/K.m <sup>2</sup>		170
$c_w$	Capacité calorifique de l'eau	W/kg. K		1,163
$\Delta_{amontPAC}$	Différence de température moyenne entre l'entrée et la sortie amont de la PAC en fonctionnement	°C		5

## B.2. DESCRIPTION DE LA CUVE ERS

La cuve ERS récupère les calories des eaux grises et les transfère au circuit évaporateur de la PAC. Il s'agit donc d'un élément central de l'ERS. La cuve est décomposée en deux zones : une zone décanteur et une zone échangeur.

## B.3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Au début de chaque heure, on initialise la température et le débit des eaux grises :

$$\theta_e(h) = T_{hor}^{EG}(h) \quad (11)$$

$$V_{ERS}(h) = V_{hor}^{EG}(h) \quad (12)$$

---

<sup>14</sup> Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

## DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE DES EAUX GRISSES DANS LA CUVE INTÉGRÉE SUR LE PAS DE TEMPS

Considérons que l'eau grise sortant du bâtiment n'arrive pas instantanément au début du pas de temps d'une heure, mais pendant la durée de ce pas de temps d'une heure.

### *Volumes d'eau grise*

L'eau grise sera considérée en quatre volumes, fonction du volume horaire et du volume de cuve.

1. L'eau grise **présente** au début du pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (**restante**) à la fin de ce pas de temps :

$$V_{PR}(h) = \max(0; V_{éch} - V_{ERS}(h)) \quad (13)$$

2. L'eau grise **présente** au début du pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (**sortante**) pendant ce pas de temps (dû à l'arrivée d'eau grise nouvelle) :

$$V_{PS}(h) = \min(V_{éch}; V_{ERS}(h)) \quad (14)$$

3. L'eau grise **nouvelle** arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et non-évacuée (**restante**) à la fin de ce pas de temps :

$$V_{NR}(h) = V_{PS}(h) \quad (15)$$

4. L'eau grise **nouvelle** arrivant pendant ce pas de temps dans la zone échangeurs et évacuée (**sortante**) pendant ce pas de temps :

$$V_{NS}(h) = \max(0; V_{ERS}(h) - V_{éch}) \quad (16)$$

Notons également que si le volume d'eau grise nouvelle et sortante est non nul, le volume d'eau grise présente et restante est nul, et inversement. Pour un pas de temps donné, il n'y a donc que 3 volumes actifs.

### *Coefficients de puissance thermique*

La somme des puissances d'échange thermique de chacun des 4 volumes d'eaux grises peut être défini comme suit pour chaque pas de temps :

$$P_{CuveBrute} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} \left( (\theta_{XX} - \theta_{amontPAC-Cuve}) h_{XX} \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} S_{XX\text{ éch}}(t) dt \right) \quad (17)$$

En introduisant la surface d'échangeur totale  $S_{éch}$  :

$$P_{\text{CuveBrute}} = \sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} \left( (\theta_{\text{XX}} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}}) h_{\text{XX}} S_{\text{éch}} \int_{\text{t=début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{\text{XX éch}}(t)}{S_{\text{éch}}} \right) \quad (18)$$

En considérant le coefficient de convection  $h_{\text{XX}}$  invariable sur les quatre volumes eaux grises, nous posons :

$$h_{\text{XX}} \cdot S_{\text{éch}} = UA_{\text{échangeur}} \quad (19)$$

La participation potentielle de chacun de ces volumes à l'échange thermique est donc pondérée par un coefficient. Ce coefficient d'échange thermique potentiel est défini comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange totale de la cuve E.R.S. Nommons ces quatre coefficients  $C_{\text{therm}_{\text{XX}}}$ .

$$C_{\text{therm}_{\text{XX}}} = \int_{\text{t=début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{\text{XX éch}}(t)}{S_{\text{éch}}} \quad (20)$$

L'équation devient :

$$P_{\text{CuveBrute}} = UA_{\text{échangeur}} \times \sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} (\theta_{\text{XX}} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}}) C_{\text{therm}_{\text{XX}}} \quad (21)$$

$$P_{\text{CuveBrute}} = UA_{\text{échangeur}} \times \left( \sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} \theta_{\text{XX}} C_{\text{therm}_{\text{XX}}} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}} \sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} C_{\text{therm}_{\text{XX}}} \right) \quad (22)$$

La somme des surfaces d'échange sur un pas de temps étant égale à la surface des échangeurs :

$$\sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} \int_{\text{t}}^{\text{pas de temps}} S_{\text{XX éch}}(t) = S_{\text{éch}} \quad (23)$$

Donc :

$$\sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} C_{\text{therm}_{\text{XX}}} = 1 \quad (24)$$

Et en définissant  $\theta_{\text{EGéchMoy}}$  comme la somme suivante :

$$\theta_{\text{EGéchMoy}(h)} = \sum_{\text{XX}=\text{PR;PS;NR;NS}} \theta_{\text{XX}(h)} C_{\text{therm}_{\text{XX}}(h)} \quad (25)$$

Nous retrouvons l'équation utilisable :

$$P_{\text{CuveBrute}(h)} = UA_{\text{échangeur}} \times (\theta_{\text{EGéchMoy}(h)} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)}) \quad (26)$$

Il faut maintenant exprimer ces coefficients  $C_{\text{therm}_{\text{XX}}}$ .

(27)

(28)



$$C_{therm_{XX}} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{\text{éch}}} dt$$

$$C_{therm_{XX}} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} \times \frac{S_{XX \text{ éch max}}}{S_{\text{éch}}} dt$$

### Taux de présence

Nous allons tout d'abord définir le taux de présence comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange maximale de cette eau grise.

$$TauxPrésence_{XX} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} dt \quad (29)$$

Les échangeurs de la cuve (ou éléments) verticaux étant uniformément répartis dans la zone échangeur, la surface d'échange est considérée proportionnelle au volume présent dans la cuve.

$$\frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} \cong \frac{V_{XX \text{ éch}}(t)}{V_{XX \text{ éch max}}} \quad (30)$$

Les résultats de cette intégration sont :

$$TauxPrésence_{PR} = 1 \quad (31)$$

Si  $V_{ERS} = 0 \rightarrow TauxPrésence_{PS} = TauxPrésence_{NR} = 0$  ; sinon :

$$TauxPrésence_{PS} = 1/2 \times \min\left(1; \frac{V_{\text{éch}}}{V_{ERS}}\right) \quad (32)$$

$$TauxPrésence_{NR} = TauxPrésence_{PS} \quad (33)$$

Si  $V_{NS} = 0 \rightarrow TauxPrésence_{NS} = 0$ , sinon :

$$TauxPrésence_{NS} = 1/2 + \left| 1/2 - \frac{1}{1 + \frac{V_{\text{éch}}}{V_{NS}}} \right| \quad (34)$$

### Coefficients de surface maximum d'échange thermique

Ce taux de présence, pour aboutir au coefficient d'échange thermique potentiel, doit être pondéré par la part maximale de la surface d'échange de chacun des 4 volumes d'eau grise sur la surface d'échange maximale de la cuve ERS :

$$C_{surfMax_{XX}} = \frac{S_{XX \text{ éch max}}}{S_{\text{éch}}} \quad (35)$$

$$(36)$$

$$(39)$$

$$(38)$$

$$CsurfMax_{PR} = \frac{V_{PR}}{V_{éch}}$$

$$CsurfMax_{PS} = \frac{V_{PS}}{V_{éch}}$$

$$CsurfMax_{NR} = CsurfMax_{PS}$$

$$CsurfMax_{NS} = \min\left(\frac{V_{NS}}{V_{éch}}; 1\right)$$

### **Coefficients d'échange thermique potentiel**

Le coefficient d'échange thermique potentiel est défini comme l'intégration, sur la durée du pas de temps, de la proportion de surface d'échange d'une eau grise par rapport à la surface d'échange maximale de la cuve E.R.S.

En reprenant l'expression de  $Ctherm$ ,

$$Ctherm_{XX} = \int_{t=\text{début du pas de temps}}^{\text{fin du pas de temps}} \frac{S_{XX \text{ éch}}(t)}{S_{XX \text{ éch max}}} \times \frac{S_{XX \text{ éch max}}}{S_{éch}} \quad (40)$$

Nous aboutissons à l'expression suivante :

$$Ctherm_{XX} = TauxPrésence_{XX} \times CsurfMax_{XX} \quad (41)$$

En posant le rapport R :

$$R_{(h)} = \frac{V_{ERS(h)}}{V_{éch}} \quad (42)$$

Nous aboutissons aux équations suivantes :

$$Ctherm_{PR(h)} = \max(1 - R_{(h)}; 0) \quad (43)$$

Si  $R_{(h)} = 0 \rightarrow Ctherm_{PS(h)} = 0$  ; sinon :

$$Ctherm_{PS(h)} = 1/2 \times \frac{\min(R_{(h)}; 1)}{\max(R_{(h)}; 1)} \quad (44)$$

$$Ctherm_{NR(h)} = Ctherm_{PS(h)} \quad (45)$$

Si  $R_{(h)} \leq 1 \rightarrow Ctherm_{NS(h)} = 0$ , sinon :

$$Ctherm_{NS(h)} = \min(R_{(h)} - 1; 1) \times \left( 1/2 + \left| 1/2 - \frac{1}{1 + R_{(h)} - 1} \right| \right)$$

(46)

Remarque : Pour confirmation, quel que soit  $V_{éch}$  et  $V_{ERS}$ , il a été vérifié que la somme de ces 4 coefficients thermiques est toujours égale à 1.

$$\forall R, \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} C_{therm_{XX}} = 1 \quad (47)$$

### TEMPÉRATURES AU DÉBUT DU PAS DE TEMPS

En utilisant le retour d'information sur la quantité de chaleur prélevée dans la source amont au pas de temps précédent, la température du ballon tampon est réduite :

$$Q_{amontPAC(h)} = P_{amontPAC(h)} \times 1 \text{ heure} \quad (48)$$

$$\theta_{amontBallonPAC_{prélèv}(h)} = \theta_{amontBallonPAC(h-1)} - \frac{Q_{amontPAC(h-1)} \times R_{dim}}{\rho_w c_w V_{BallonAmont}} \quad (49)$$

Température moyenne des eaux grises dans le décanteur :

$$\theta_{EGdéc(h)} = \frac{\theta_{EGdécFinale(h-1)} \times V_{déc} + \theta_e \times V_{ERS(h)}}{V_{déc} + V_{ERS(h)}} \quad (50)$$

Température moyenne des eaux grises arrivant dans la zone échangeur :

$$\theta_{NR(h)} = \theta_{NS(h)} = \theta_{EGdéc(h)} \quad (51)$$

La température initiale de l'eau grise **présente** (indices PR et PS) est définie comme la température mitigée de l'eau grise **restante** du pas de temps précédent (indices PR et NR) à laquelle ont été appliquées les pertes thermiques.

Pour déterminer les températures des deux couches d'eau grises présente, nous appliquons à cette température moyenne une stratification linéaire située entre la température à laquelle est sortie l'eau grise au pas de temps précédent et la température d'arrivée des eaux grises, en veillant à conserver la température moyenne et donc la quantité de chaleur disponible dans la cuve à cet instant.

L'équation suivante de la température moyenne des eaux grises restantes doit être respectée :

$$\theta_{PS(h)} \frac{V_{PS(h)}}{V_{éch}} + \theta_{PR(h)} \frac{V_{PR(h)}}{V_{éch}} = \theta_{EGéchRestantFinale(h-1)} \quad (52)$$

Pour respecter cette équation en gardant une représentation linéaire de la stratification comme approximation, une seule des deux conditions peut être satisfaite : soit l'extrémité basse du volume d'eau grise présente est à la température de l'eau grise sortante du pas de temps précédent, soit l'extrémité haute du volume d'eau grise présente est à la température de l'eau grise arrivant du décanteur. Ainsi :

Si  $V_{NS(h-1)} = 0$  :

$$\theta_{S(h-1)} = \theta_{PSfinale(h-1)} \quad (53)$$

Sinon,

$$\theta_{S(h-1)} = \theta_{NSfinale(h-1)} \quad (54)$$

Si  $V_{PR(h)} > 0$  et  $V_{PS(h)} > 0$  :

$$\Delta_{strat(h)} = \min\left(\theta_{EG\acute{e}chRestantFinale(h-1)} - \theta_{S(h-1)}; \theta_{EGd\acute{e}c(h)} - \theta_{EG\acute{e}chRestantFinale(h-1)}\right) \quad (57)$$

Sinon,

$$\Delta_{strat(h)} = 0$$

$$\theta_{PR(h)} = \theta_{EG\acute{e}chRestantFinale(h-1)} + \Delta_{strat(h)} \left(1 - \frac{V_{PR(h)}}{V_{\acute{e}ch}}\right) \quad (55)$$

$$\theta_{PS(h)} = \theta_{EG\acute{e}chRestantFinale(h-1)} - \Delta_{strat(h)} \left(1 - \frac{V_{PS(h)}}{V_{\acute{e}ch}}\right) \quad (56)$$

Pour le premier pas de temps,

$$\theta_{PR(h)} = \theta_{PS(h)} = \theta_{amb(h)} \quad (58)$$

#### PUISSANCE THERMIQUE DE CUVE

##### *Puissance thermique maximum de cuve*

La puissance frigorifique maximum permet de poser des bornes pour chaque pas de temps.

Cette puissance maximum est limitée par la température amont minimum et la puissance des échangeurs :

$$P_{CuveMaxEchange(h)} = UA_{\acute{e}changeur} \times (\theta_{EG\acute{e}chMoy(h)} - \theta_{amontMin}) \quad (59)$$

où  $\theta_{EG\acute{e}chMoy(h)}$  est défini dans l'équation (24).

Avec le coefficient d'échange de cuve :

$$UA_{\acute{e}changeur} = UA_{surface} \times S_{\acute{e}ch} \quad (60)$$

La puissance frigorifique maximum est également limitée par l'inertie de la cuve :

$$P_{CuveMaxPotentielle(h)} = \sum_{XX=PR;PS;NR;NS} P_{XXmax(h)} \quad (61)$$

Avec, pour  $XX = PR; PS; NR; NS$  :

$$P_{XXmax(h)} = \rho_w c_w V_{XX(h)} (\theta_{XX(h)} - \theta_{EGmin}) \quad (62)$$

La puissance frigorifique maximum est également limitée par le stockage de cette chaleur ou l'utilisation de cette chaleur pendant le pas de temps par la PAC pendant le pas de temps en cours :

(63)

(64)

$$\begin{aligned}
P_{\text{CuveMaxStockable}(h)} &= \rho_w c_w V_{\text{BallonAmont}} \\
&\times \max\left(0; \theta_{\text{EGéchMoy}(h)} - \theta_{\text{amontBallonPAC}_{\text{prélè}(h)}}\right) + P_{\text{MaxPAC}}(h)
\end{aligned}$$

$$P_{\text{CuveMax}(h)} = \min(P_{\text{CuveMaxPotentielle}(h)}; P_{\text{CuveMaxEchange}(h)}; P_{\text{CuveMaxStockable}(h)})$$

### ***Puissance thermique de cuve pour le pas de temps***

Même quand les compresseurs de la PAC ERS ne fonctionnent pas, la régulation du système ERS continue à transférer de la chaleur de la cuve eau grise vers le ballon si les températures sont favorables à cet échange.

La température amont sortant de la PAC correspond à la température sortant du ballon auquel est appliqué le refroidissement subit sur l'échangeur évaporateur selon le taux de charge de la PAC.

$$\theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)} = \theta_{\text{amontBallonPAC}_{\text{prélè}(h)}} - \Delta_{\text{amontPAC}} \times T_{\text{charge}(h-1)}^{\text{gnr}} \quad (65)$$

$$P_{\text{CuveBrute}(h)} = UA_{\text{échangeur}} \times (\theta_{\text{EGéchMoy}(h)} - \theta_{\text{amontPAC-Cuve}(h)}) \quad (66)$$

$$P_{\text{Cuve}(h)} = \max\left(0; \min(P_{\text{CuveMax}(h)}; P_{\text{CuveBrute}(h)})\right) \quad (67)$$

### **EXPRESSION DE LA TEMPÉRATURE DE SOURCE AMONT**

Le ballon tampon de captage est considéré comme un volume unique dont la température varie en fonction de la puissance apportée par la cuve et la puissance puisée par la PAC.

Considérons :

$$Q_{\text{Cuve}(h)} = P_{\text{Cuve}(h)} \times 1 \text{ heure}$$

$$\theta_{\text{amontBallonPAC}(h)} = \theta_{\text{amontBallonPAC}_{\text{prélè}(h)}} + \frac{Q_{\text{Cuve}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{BallonAmont}}} \quad (68)$$

$$P_{\text{maxSourceAmont}}(h) = \rho_w c_w V_{\text{BallonAmont}} \times \max\left(0; \theta_{\text{amontBallonPAC}(h)} - \theta_{\text{AmontMin}(h)}\right) \quad (69)$$

Remarque :  $P_{\text{CuveMax}}$  n'est aucunement limité à 2kW par élément. Cette limitation invariable du précédent Titre V Système, issue d'une mauvaise interprétation de la puissance moyenne nominale, était infondée. Elle est plus réalistement représentée par  $P_{\text{CuveMax}}(h)$ , qui prend en compte le nombre d'échangeurs dans la cuve à travers le coefficient  $UA_{\text{Cuve}}$ .

Pour le premier pas de temps,

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

La sortie de ce ballon allant vers la PAC, cette température est la température de source amont entrant dans la PAC.

$$\theta_{\text{retour\_amont}(h)} = \theta_{\text{amontBallonPAC}(h)} \quad (71)$$

### APPLICATION DU PRÉLÈVEMENT DE CHALEUR DANS LES EAUX GRISES

Au début du pas de temps, la chaleur est d'abord prise dans les eaux grises déjà présentes.

$$\theta_{\text{PSfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{PS}(h)} - \frac{Q_{\text{Cuve}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{PS}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (73)$$

$$Q_{\text{CuvePrélèvPR}(h)} = \max\left(Q_{\text{Cuve}(h)} - \rho_w c_w V_{\text{PS}(h)} (\theta_{\text{PS}(h)} - \theta_{\text{PSfinale}(h)}); 0\right) \quad (74)$$

$$\theta_{\text{PRfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{PR}(h)} - \frac{Q_{\text{CuvePrélèvPR}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{PR}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (72)$$

$$Q_{\text{CuvePrélèvNS}(h)} = \max\left(Q_{\text{CuvePrélèvPR}(h)} - \rho_w c_w V_{\text{PR}(h)} (\theta_{\text{PR}(h)} - \theta_{\text{PRfinale}(h)}); 0\right) \quad (75)$$

$$\theta_{\text{NSfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{NS}(h)} - \frac{Q_{\text{CuvePrélèvNS}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{NS}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (76)$$

$$Q_{\text{CuvePrélèvNR}(h)} = \max\left(Q_{\text{CuvePrélèvNS}(h)} - \rho_w c_w V_{\text{NS}(h)} (\theta_{\text{NS}(h)} - \theta_{\text{NSfinale}(h)}); 0\right) \quad (78)$$

$$\theta_{\text{NRfinale}(h)} = \max\left(\theta_{\text{NR}(h)} - \frac{Q_{\text{CuvePrélèvNR}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{NR}(h)}}; \theta_{\text{EGmin}}\right) \quad (77)$$

### PERTES THERMIQUES DES EAUX GRISES EN COURS DE REFROIDISSEMENT

Le principe est inchangé par rapport au Titre V précédent, les pertes sont ensuite calculées à chaque pas de temps.

#### *Pertes thermiques du décanteur*

Si  $V_{\text{dec}} \neq 0$  :

$$\theta_{\text{EGdecFinale}(h)} = \theta_{\text{EGdec}(h)} - \frac{P_{\text{dec}(h)}}{\rho_w c_w V_{\text{dec}}} \quad (79)$$

Avec:

$$P_{\text{dec}(h)} = U_{\text{dec}} \times (\theta_{\text{EGdec}(h)} - \theta_{\text{amb}(h)}) \quad (80)$$

#### *Pertes thermiques de la zone échangeurs*

La zone échangeur en fin de pas de temps est composée des eaux grises restantes :

$$\theta_{EG\acute{e}chRestantMitig\acute{e}(h)} = \frac{V_{NR(h)}\theta_{NRfinale(h)} + V_{PR(h)}\theta_{PRfinale(h)}}{V_{\acute{e}ch}}$$

Les pertes s'appliquent à la température des eaux grises de la zone échangeur :

$$\theta_{EG\acute{e}chRestantFinale(h)} = \theta_{EG\acute{e}chRestantMitig\acute{e}(h)} - \frac{Pe_{\acute{e}ch(h)}}{\rho_w c_w V_{\acute{e}ch}} \quad (82)$$

Avec:

$$Pe_{\acute{e}ch(h)} = U_{\acute{e}ch} \times (\theta_{EG\acute{e}chRestantMitig\acute{e}(h)} - \theta_{amb(h)}) \quad (84)$$

$$U_{\acute{e}ch} = U_{pertes\_surface\_ \acute{e}ch} \times S_{\acute{e}ch} \quad (83)$$

*Fiche algorithme de la PAC*

*Sur eaux grises*

*Type ERS et FACTEUR 7*



## 1. INTRODUCTION

Cette fiche permet de calculer les performances des systèmes thermodynamiques ayant pour source amont les eaux grises. Ces systèmes peuvent être soit à compression électrique soit à moteur gaz (compresseur mécanique entraîné par un moteur thermique) en fonctionnement ECS.

Elle permet de représenter plusieurs machines identiques fonctionnant dans le même mode. En fonction de la puissance requise, les valeurs calculées sont :

- Puissance absorbée
- COP
- Puissance des auxiliaires
- Pertes thermiques récupérables

Le calcul pour une machine est mené en 3 étapes

1. calcul de la température de l'eau arrivant de la source amont
2. calcul en fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales des températures de source
3. prise en compte de la charge partielle

## 2. NOMENCLATURE DU MODÈLE PAC ELECTRIQUE

### 2.1 NOMENCLATURE DU MODELE

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{req}$ (h)	Energie requise par le réseau	W	$[0, +\infty[$	-
$\theta_{amont}$ (h)	Température de la source amont	°C	$[0, 100]$	
$\theta_{aval}$ (h)	Température de la source aval (vers les ballons)	°C	$[0, 100]$	
$P_{fou_{source\_amont\_maxi}}$	Puissance maximale disponible	W		
$Id_{fonction}$	Mode de fonctionnement : 1 : chauffage 2 : refroidissement 3 : ECS	-	{1, 3}	3

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
Rdim	Nombre de machines identiques	-	$[1, +\infty[$	
IdFluide_aval	Type de fluide caloporteur 1 : eau, 2 : air ambiant.	-	{1, 2}	1
Idfougen	Type de générateur : Chauffage = 1, froid = 2, ECS = 3	-	{1, 3}	3
Theta_max_av	température maximale aval en mode chaud au-delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	$[0, 100]$	-
Theta_min_am	température minimale amont en mode chaud en dessous de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	$[0, 100]$	-
{ValECS(Icol,Ialign)}	Matrice des performances en mode ECS selon les températures amont et aval	-	-	-

{ValPabs(icol,lig n)}	matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	-	-	-
{ValCOR(lcol,lig n)}	matrice de correction des performances justifiées entrées sous forme de matrice	-	-	-
Lim_Theta	0 = pas de limite 1= limite sur l'une <b>ou</b> l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une <b>et</b> l'autre des températures de source	-	-	-
Statut_val_pivot	Statut de la valeur pivot : 1 : valeur déclarée, 2 : valeur par défaut		{1 , 2}	
ValECS_pivot	Valeur pivot déclarée de la performance (COP ou EER) des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	-	[0, +∞[	
ValPabs_pivot	Valeur pivot déclarée de la puissance absorbée des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée	W	[0, +∞[	-
Statut_donnees	Statut des données concernant l'existence des valeurs de performance certifiées ou mesurées ; 1 : valeur de performance certifiée ou mesurée, 2 : aucune valeur de performance certifiée ou mesurée			
Ccp <sub>LRcontmin</sub>	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR <sub>contmin</sub>			
LR <sub>contmin</sub>	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (=1 si machine tout ou rien)			
Deq	Durée équivalente liée aux irréversibilités	minutes	[0, +∞[	
Taux	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale		[0,1]	
P <sub>pompe</sub>	Puissance des pompes d'amenée d'eaux grises à la PAC	W	[0, +∞[	

<b>Sorties</b>
----------------

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
Pabs <sub>pc</sub> (h)	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W	[0, +∞[	-
Pfou_PAC(h)	Puissance fournie par la PAC à chaque pas de temps	W	[0, +∞[	-
Q <sub>rest</sub> (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.	Wh		
W <sub>aux,pro</sub> (h)	Consommation des auxiliaires au pas h	W		
η <sub>eff</sub> (h)	COP du générateur	Réel		
T <sub>charge</sub>	Taux de charge du générateur	Réel		
φ <sub>rejet</sub>	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h	Wh		
C <sub>pompe</sub> (h)	Consommation de la pompe eaux grises	W	0, +∞[	
Pfou <sub>pc_brut</sub> (h)	Puissance maximale, non compris les limites de fonctionnement, que peut fournir le générateur dans les conditions de températures amont et aval au pas de temps h.			
Q <sub>cef_ECS</sub> [électricité]	Consommation ECS de la PAC	Wh	[0, +∞[	

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
LR	Taux de charge	-	[0 ; 1]	-
C <sub>nav_COP</sub> (t1,t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température aval en mode chaud	-	-	-
C <sub>nam_COP</sub> (t1,t2)	Coefficient de correction de la performance à pleine charge en fonction de la température amont en mode chaud	-	-	-
Val <sub>θamont</sub> (i.amont)	Température amont	°C	[0, +∞[	-

Val <sub>θaval</sub> (i.aval)	Température aval	°C	[0, +∞[	-
i <sub>θam1</sub> i <sub>θam2</sub>	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
θ <sub>am1</sub>	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
θ <sub>am2</sub>	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
N <sub>θamont</sub>	Nombre de températures amont	-	-	-
i <sub>θav1</sub> i <sub>θav2</sub>	variables intermédiaires du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
θ <sub>av1</sub>	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
θ <sub>av2</sub>	variable intermédiaire du calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	°C	[0, +∞[	-
N <sub>θaval</sub>	Nombre de températures aval	-	-	-
C <sub>θam</sub> (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
C <sub>θav</sub> (h)	coefficient d'interpolation pour le calcul de la performance à pleine charge à partir des matrices de performance	-	-	-
COP_pc(h)	COP à pleine charge aux conditions non nominales	-	-	-
C <sub>nav</sub> _Pabs(t1,t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température aval	-	-	-
C <sub>nam</sub> _Pabs(t1,t2)	Coefficient de correction de la puissance à pleine charge en fonction de la température amont	-	-	-
Val_uti I_max	valeur maximale de la performance pour la valeur pivot d'une machine lorsqu'il n'y a pas de valeurs certifiées ou justifiées.  si Idfonction = 1 (chauffage)  Syst_Thermo_CH =	-	{1, 7}	-

	<p>1 : Val_util_max = 3,5</p> <p>2 : Val_util_max = 3,5</p> <p>3 : Val_util_max = 2,5</p> <p>4 : Val_util_max = 4,7</p> <p>5 : Val_util_max = 3,7</p> <p>6 : Val_util_max = 3,5</p> <p>7 : Val_util_max = 4</p> <p>si Idfonction = 2 (refroidissement)</p> <p>Syst_Thermo_FR</p> <p>1 : Val_util_max = 2,5</p> <p>2 : Val_util_max = 2,7</p> <p>3 : Val_util_max = 2,7</p> <p>4 : Val_util_max = 3,7</p> <p>5 : Val_util_max = 2,7</p> <p>6 : Val_util_max = 3,7</p> <p>si Idfonction = 3 (ECS)</p> <p>Syst_Thermo_ECS =</p> <p>1 : Val_util_max = 2,7</p> <p>2 : Val_util_max = 3,2</p> <p>3 : Val_util_max = 3,1</p> <p>4 : Val_util_max = 3,7</p>			
Q <sub>rest_act</sub>	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	[0, +∞[	-
Q <sub>req_act</sub>	Energie requise pour une machine	W	[0, +∞[	-

$\theta_{\text{amont}} (h)$	Température de la source amont	°C	[0, 100]	-
$\theta_{\text{aval}} (h)$	Température de la source aval vers les ballons d'eau chaude.	°C	[0, 100]	-

## 2.2 LA POMPE À CHALEUR - FONCTIONNEMENT À PLEINE CHARGE EN CONDITIONS NON NOMINALES EN MODE ECS (ID<sub>FONCTION</sub> = 3)

La consommation électrique globale du système est constituée de la consommation électrique du compresseur de la pompe à chaleur et celle de la pompe d'amenée d'eaux grises à la PAC.

### Détermination des COP

La matrice de performances des machines eaux grises / eau de ville est décrite tableau 1.

Tableau 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 2.

Tableau 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 ValCOR(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(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.

### **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 3.

*Tableau 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	

La colonne contenant la valeur pivot est complétée

Si {ValECS(2,1)}=0                      {ValECS(2,1)}={ValECS(2,2)}\*Cnav\_COP(35,45)

Si {ValECS(2,3)}=0                      {ValECS(2,3)}={ValECS(2,2)}\*Cnav\_COP(55,45)

Si {ValECS(2,4)}=0                      {ValECS(2,4)}={ValECS(2,2)}\*Cnav\_COP(65,45)

Les lignes sont complétées



Pour  $i_{\text{align}}$  allant de 1 à  $N_{\theta_{\text{aval}}}$

Si  $\{\text{ValECS}(1, i_{\text{align}})\} = 0$                      $\{\text{ValECS}(1, i_{\text{align}})\} = \{\text{ValECS}(2, i_{\text{align}})\} * \text{Cn}_{\text{nam\_COP}}(16, 19)$

Si  $\{\text{ValECS}(3, i_{\text{align}})\} = 0$                      $\{\text{ValECS}(3, i_{\text{align}})\} = \{\text{ValECS}(2, i_{\text{align}})\} * \text{Cn}_{\text{nam\_COP}}(22, 19)$

Les calculs suivants sont réalisés si la PAC est en fonctionnement. C'est à dire si  $V_c \neq 0$

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

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

Si  $\theta_{\text{amont}}(h) < \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(1)$  (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses). **Envoyer un message d'alerte dans un fichier.**

$i_{\theta_{\text{am}}1} = 1$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = 1$

$\theta_{\text{am}}1 = \theta_{\text{amont}}(h)$

$\theta_{\text{am}}2 = \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(1)$

Si  $\theta_{\text{amont}}(h) > \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(N_{\theta_{\text{amont}}})$  (gestion des conditions hors limites de la matrice par le haut mais on fait cependant le calcul avec les valeurs hautes) **Envoyer un message d'alerte dans un fichier.**

$i_{\theta_{\text{am}}1} = N_{\theta_{\text{amont}}}$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = N_{\theta_{\text{amont}}}$

$\theta_{\text{am}}1 = \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(N_{\theta_{\text{amont}}})$

$\theta_{\text{am}}2 = \theta_{\text{amont}}(h)$

Sinon,

Pour  $i_{\theta_{\text{amont}}}$  allant de 2 à  $N_{\theta_{\text{amont}}}$ ,

Si  $\theta_{\text{amont}}(h) \leq \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(i_{\theta_{\text{amont}}})$ , alors,

$i_{\theta_{\text{am}}1} = i_{\theta_{\text{amont}}} - 1$

$i_{\theta_{\text{am}}2} = i_{\theta_{\text{amont}}}$

$\theta_{\text{am}}1 = \text{Val}_{\theta_{\text{amont}}}(i_{\theta_{\text{am}}1})$

$$\theta_{am2} = \text{Val}_{\theta_{amont}}(i_{\theta_{am}2})$$

Coupure de la boucle 'pour'

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

Si  $\theta_{aval}(h) < \text{Val}_{\theta_{aval}}(1)$  (gestion des conditions hors limites de la matrice par le bas, mais on fait cependant le calcul avec les valeurs basses).

$$i_{\theta_{av}1} = 1$$

$$i_{\theta_{av}2} = 1$$

$$\theta_{av1} = \theta_{aval}(h)$$

$$\theta_{av2} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(1)$$

Si  $\theta_{aval}(h) > \text{Val}_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$  (gestion des conditions hors limites de la matrice par le haut mais on fait cependant le calcul avec les valeurs hautes).

$$i_{\theta_{av}1} = N_{\theta_{aval}}$$

$$i_{\theta_{av}2} = N_{\theta_{aval}}$$

$$\theta_{av1} = \text{Val}_{\theta_{aval}}(N_{\theta_{aval}})$$

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

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**

$$C_{\theta_{am}}(h) = \frac{\theta_{amont}(h) - \theta_{am1}}{\theta_{am2} - \theta_{am1}} \quad (85)$$

$$C_{\theta_{av}}(h) = \frac{\theta_{aval}(h) - \theta_{av1}}{\theta_{av2} - \theta_{av1}} \quad (86)$$

**Calcul de la performance**

COP\_pc(h) =

$$(1-C_{\theta_{am}})*(1-C_{\theta_{av}})*\{\text{ValECS}(i\theta_{am1}, i\theta_{av1})\} + C_{\theta_{am}}*(1 - C_{\theta_{av}})*\{\text{ValECS}(i\theta_{am2}, i\theta_{av1})\} + C_{\theta_{av}}*(1 - C_{\theta_{am}})*\{\text{ValECS}(i\theta_{am1}, i\theta_{av2})\} + C_{\theta_{am}}*C_{\theta_{av}}*\{\text{ValECS}(i\theta_{am2}, i\theta_{av2})\} \quad (87)$$

**Calcul des puissances absorbées à pleine charge**

La valeur ‘pivot’ à fournir systématiquement est la valeur pour Tam = 19 C; Tav = 45 °C

Les valeurs absorbées mesurées doivent correspondre aux cas fournis pour les valeurs des COP.

**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 4.

*Tableau 4 - Coefficients de correction en fonction des températures aux sources*

Températures aval	Températures amont
Cnnav_pabs (55, 45) = 0,9	Cnnam_pabs (16, 19) = 0,95
Cnnav_pabs (35, 45) = 1,1	Cnnam_pabs (22, 19) = 1,05
Cnnav_pabs (65, 45) = 0,8	

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier

Si {ValPabs(2,1)}=0                    {ValPabs (2,1)}={ValPabs (2,2)}\*Cnnav\_pabs(35,45)

Si {ValPabs(2,3)}=0                    {ValPabs (2,3)}={ValPabs (2,2)}\*Cnnav\_pabs(55,45)

Si {ValPabs(2,4)}=0                    {ValPabs (2,4)}={ValPabs (2,2)}\*Cnnav\_pabs(65,45)

Les lignes sont complétées

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

Si  $\{ValPabs(1,ilign)\}=0$   $\{ValPabs(1,ilign)\}=\{ValPabs(5,ilign)\} * C_{nam\_Pabs}(16,19)$

Si  $\{ValPabs(3,ilign)\}=0$   $\{ValPabs(3,ilign)\}=\{ValPabs(5,ilign)\} * C_{nam\_Pabs}(22,19)$

A pleine charge, on a donc :

$$C_{pompe} = P_{pompe} \quad (88)$$

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

$P_{abs\_pc}(h) =$

$$(1 - C_{\theta am}) * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i\theta am1, i\theta av1)\} + C_{\theta am} * (1 - C_{\theta av}) * \{ValPabs(i\theta am2, i\theta av1)\} \quad (89)$$

+

$$C_{\theta av} * (1 - C_{\theta am}) * \{ValPabs(i\theta am1, i\theta av2)\} + C_{\theta am} * C_{\theta av} * \{ValPabs(i\theta am2, i\theta av2)\}$$

#### Calcul des puissances fournies à pleine charge

$$Q_{req\_act} = Q_{req\_act} / R_{dim} \quad (90)$$

$$P_{fou\_PAC}(h) = P_{abs\_pc} \cdot COP_{pc} \quad (91)$$

#### Limites de fonctionnement

si  $Lim\_Theta = 0$

$$Q_{rest\_act} = \max\{0; Q_{req\_act} - P_{fou\_LR}(h)\} \quad (92)$$

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

$$Q_{rest\_act} = Q_{req\_act} \quad (93)$$

et

$$P_{fou\_PAC}(h) = 0 \quad (94)$$

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

$$Q_{rest\_act} = Q_{req\_act} \quad (95)$$

et

$$P_{fou\_PAC}(h) = 0 \quad (96)$$

$$Q_{cef\_ECS}[electricité] = \frac{P_{fou\_pac}}{COP_{pc}} \quad (97)$$

Si la PAC n'est pas en fonctionnement

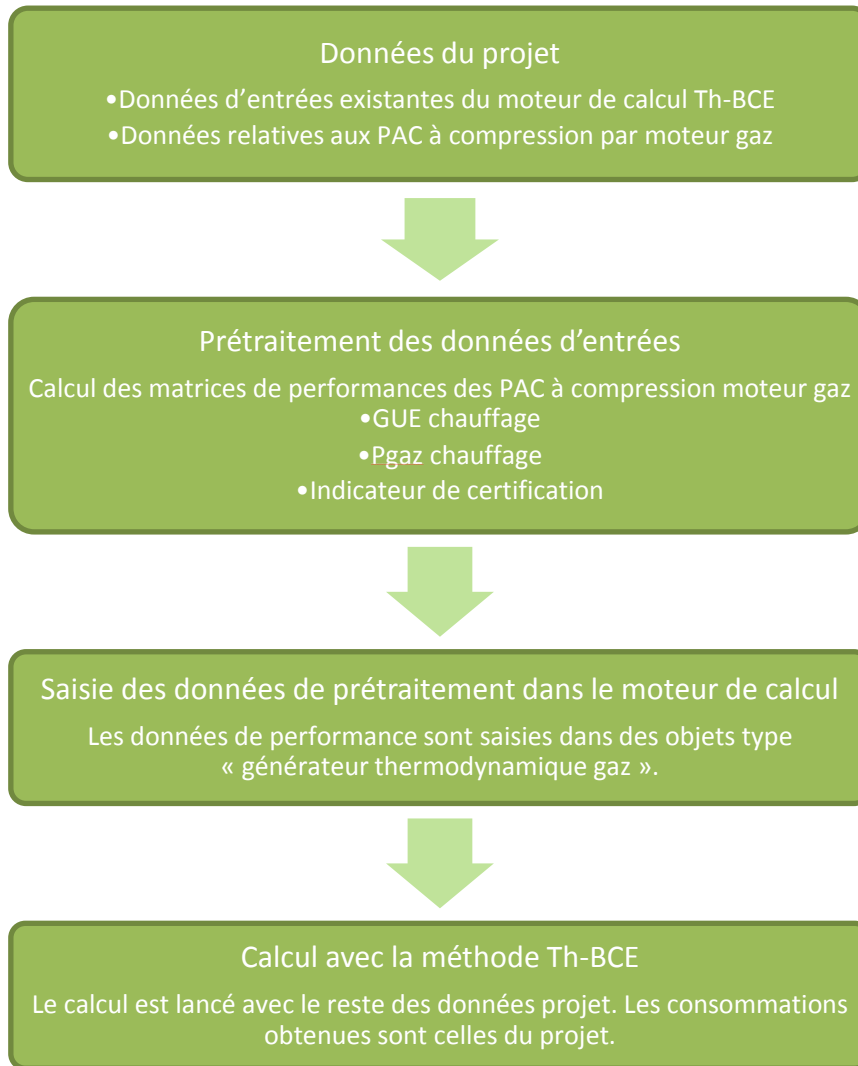
$$\begin{aligned} P_{fou\_pac} &= 0 \\ C_{pompe} &= 0 \end{aligned} \quad (98)$$

### 2.3 CALCUL A CHARGE PARTIELLE

Le calcul est identique à ce qui est fait pour les Systèmes thermodynamiques à compression électrique (cf. §10.21.3.6).

## 3. PAC MOTEUR GAZ

Le même principe que celui présenté dans l'arrêté du 1er juillet 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « PAC à compression entraînée par un moteur thermique alimenté au gaz naturel » dans la réglementation thermique 2012 est repris pour le calcul des performances de la PAC moteur gaz de Solaronics Chauffage. La méthode est déclinée dans le logigramme ci-dessous.



Le point pivot à 7/32.5 sans récupération de chaleur sur le moteur gaz pour la production d'ECS est pris en compte.

Dans le calcul RT, la matrice de sortie issue du prétraitement des données d'entrée doit être saisie en entier.

*Fiche algorithme Ballon base PAC FACTEUR 7 échangeur AS instantané*

*pour le système PAC FACTEUR 7*

## 1.INTRODUCTION

Un modèle de générateur thermodynamique, de ballon de stockage et de gestion régulation ont été décrits dans les autres fiches algorithmes du Titre V. On définit ici l'assemblage de ces différents modèles élémentaires pour obtenir le modèle correspondant au système PAC FACTEUR 7 à savoir un chauffe-eau avec base et à appoint séparé instantané.

Cette fiche algorithme reprend et modifie la fiche S2\_GEN\_ballon\_base\_echangeur\_AS\_instantané de la méthode TH-BCE.

La production stockage du système PAC FACTEUR 7 est de type Ballon base avec appoint séparé instantané.

Le ballon de stockage d'eau chaude sanitaire du système PAC FACTEUR 7® est un élément principal, il ne comporte aucun échangeur de chaleur.

Le stockage est à niveau variable, sans avoir de mélange eau froide / eau chaude. L'eau chaude produite par le générateur PAC FACTEUR 7® 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 afin d'assurer la distribution dans le bâtiment.

## 2. NOMENCLATURE DU MODÈLE

Pour la production stockage repris du S2\_GEN\_ballon\_base\_echangeur\_AS\_instantané

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{req\_ecs}(h)$	Demande en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh		
$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération gen.	°C		
$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C		
$\theta_e(h)$	Température de l'air extérieur	°C		
$\theta_{amb}(h)$	Température à l'intérieur du bâtiment (déterminée au niveau de la génération)	°C		



Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
(Voir fiches algorithmes de l'assemblage)				
$nb_{assembl}$	Nombre d'assemblages « ballon base appoint séparé PAC FACTEUR 7 » identiques à considérer au niveau de la génération	-	$[1, +\infty[$	
$id_{fousto}$	Fonction de l'élément de stockage :  1 : Chauffage, 2 : Refroidissement, 3 : ECS, 4 : Chauffage et ECS, 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent	[1 ;5]	3
$Type_{prod\_stockage}$	Type de production avec stockage  1 - Ballon base sans appoint 2 – Ballon base plus appoint intégré 3 – Ballon base plus appoint dans stockage séparé 4 – Ballon base plus appoint séparé instantané 5 – SSC avec appoint chauffage par système indépendant 6 – SSC avec appoint chauffage raccordé à l'assemblage	Ent	[1 ;6]	4
$Id_{pos\_gen}$	Position de la génération :  0 : En volume chauffé, 1 : Hors volume chauffé.  (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Ent	[0 ;1]	

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\{Q_{assemblage\_cef}(h)\}$	Matrice de consommation horaire en énergie finale de l'assemblage	Wh		

$\phi_{vc}^{sto}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) ballon(s) de stockage vers l'ambiance	Wh		
$\phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques du (ou des) générateur(s) vers l'ambiance	Wh		
$Q_{rest}$	Demande en énergie non-assurée par un générateur	Wh		
$Q_{rest}^{gnr\_base}$	Demandes en énergie non-assurée par le générateur de base uniquement	Wh		

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{w\_sto\_unit}(h)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon (Voir fiches algorithmes de l'assemblage)	Wh		

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
$c_w$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

### 3. ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

L'assemblage tel qu'il est décrit dans la fiche *S2\_GEN\_ballon\_base\_echangeur\_AS\_instantané* est repris à l'exception des modifications ci-dessous.

L'assemblage fonctionne uniquement en mode ECS.

Au §11.21.3.1.2, l'équation 1589 est remplacée par :

$$Id_{fou\_sto} = Id_{fou\_gen} = 3 \text{ (99)}$$

Le mode mixte du générateur d'appoint est conservé.

Le §11.21.3.1.4 est supprimé, car le ballon de stockage PAC FACTEUR 7 ne possède pas d'échangeur.

Au §11.21.3.1.7, l'équation 1595 est modifiée :

$$\theta_{entrant} = \theta_c (100)$$

Le §11.21.3.1.8 est modifié :

Il n'y a pas d'échangeur dans le ballon de stockage PAC FACTEUR 7. Le ballon est divisé en 3 zones. Deux zones de volumes identiques contiennent de l'eau chaude, la 3ème zone est constituée d'air comprimé.

Dans la première étape du calcul, le volume puisé et l'énergie requise sont calculés dans la fiche algorithme de ce titre V concernant la régulation ballon-base.

Dans la deuxième étape, on ajoute le calcul de Taval :

$$T_{aval} = \frac{\theta_{c_{base}} + \theta_{cw}}{2}$$

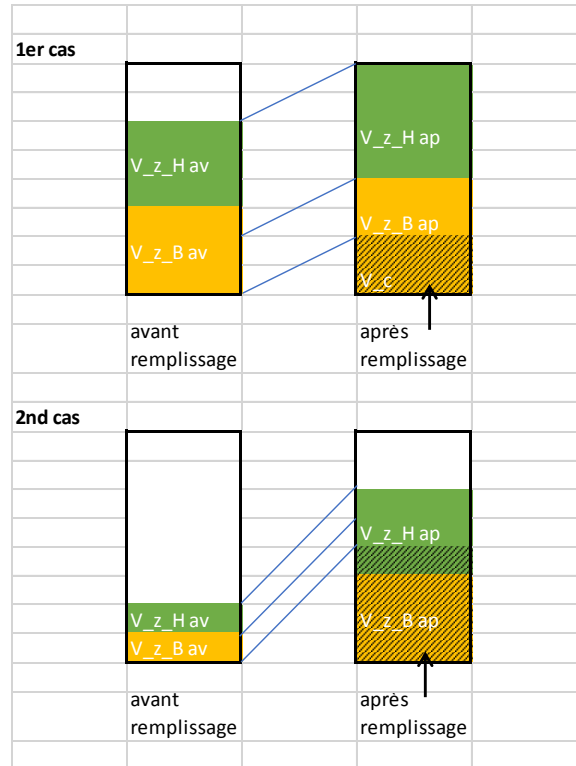
La troisième étape du calcul est modifiée comme suit :

Le ballon de stockage est décrit par 2 zones. Chaque zone du ballon de base reçoit un volume d'eau chaude ( $V$ ) à la température de sortie de la PAC FACTEUR 7 ( $T$ ) comme suit :

1. Le générateur de base est connecté à la zone basse ( $z_B$ ) du ballon donc les entrées du ballon  $V$  et  $T$  reçoivent respectivement le volume et la température de l'eau chaude en sortie de l'assemblage « *générateur pour stockage PAC FACTEUR 7* ». Les pertes thermiques sont également comptées.
2. La zone haute ( $z_H$ ) du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique.  $V=0$ . Mais les pertes sont comptées.

On distingue deux cas :

- Dans la plupart des cas, le volume  $V_c$  d'eau chaude entrant dans le ballon est inférieur au volume de la zone basse du ballon (cas 1 dans l'illustration suivante) ;
- Il arrive que le volume  $V_c$  d'eau chaude entrant dans le ballon soit supérieur au volume de la zone basse du ballon (cas 2 dans l'illustration suivante).



D'après ces schémas, l'expression des températures des zones hautes et basses sont :

$$T_{z_H(h)} = \frac{V_{z_H}(h-1) * T_{z_H}(h-1) + \min\left(\frac{V_c(h)}{2}; V_{z_B}(h-1)\right) * T_{z_B}(h-1) + \max\left(0; \frac{V_c(h)}{2} - V_{z_B}(h-1)\right) * T_{entrant}}{V_{z_H}(h-1) + \frac{V_c(h)}{2}}$$

$$T_{z_B(h)} = \frac{\max(0; V_{z_B}(h-1) - \frac{V_c(h)}{2}) * T_{z_B}(h-1) + \min(V_c; \frac{V_c(h)}{2} + V_{z_B}(h-1)) * T_{entrant}}{V_{z_B}(h-1) + \frac{V_c(h)}{2}}$$

*Fiche algorithme gestion régulation base ballon*

*pour le système PAC FACTEUR 7*

## 1. NOMENCLATURE DU MODÈLE

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\theta_{cw}$	Température de l'eau froide	°C		
$\theta_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération gen			
$\theta_{z\_B} (h-1)$	Température de la zone $z\_B$ du ballon au pas de temps précédent (valeur initiale 55°C)	°C		
$\theta_{z\_H} (h-1)$	Température de la zone $z\_H$ du ballon au pas de temps précédent (valeur initiale 55°C)	°C		
$Q_{w\_sto\_unit} (h)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon	Wh		
$Q_{w\_sto\_unit\_report} (h)$	Energie non assurée au pas de temps h-1, reportée au pas de temps courant	Wh		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$V_{tot}$	Volume total du ballon	L	$[0, +\infty[$	
$V_{z\_B}$	Volume de la zone basse du ballon	L	$[0, +\infty[$	
$V_{z\_H}$	Volume de la zone haute du ballon	L	$[0, +\infty[$	
$\theta_{c\_base} (h-1)$	Température de consigne du ballon	°C	$[0, 110]$	55

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Q_{req\_sto\_base} (h)$	Energie requise à fournir à l'élément de stockage par le générateur de base	W		-
$Nb_{iter\_vp}$	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon			
$V_c (h)$	Volume d'eau à fournir pour remplir le ballon	L		

$V_p (h)$	Volume puisé au pas de temps h	L		
-----------	--------------------------------	---	--	--

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
i	Numéro de l'itération en cours	-		
$\theta_{\max}^{\text{gen}}$	Température maximale des distributions intergroupes d'ECS connectées à une même génération	°C		
$Q_{w\_sto\_unit} (i)$	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon au début de l'itération i	Wh		
$Q_{w\_sto\_unit\_report} (i)$	Energie non assurée à l'itération i-1, reportée à l'itération courante	Wh		
$V_p (i)$	Volume puisé pendant l'itération i	L		

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
$c_w$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

## 2. DESCRIPTION

Pour produire de l'eau chaude, un ballon de stockage PAC FACTEUR 7 possède une source de chaleur. Cette unique source de chaleur est appelée base.

En tenant compte des paramètres de gestion-régulation du thermostat, nous calculons, en premier lieu, le volume d'eau chaude puisé dans le ballon d'énergie puis l'énergie requise au niveau du générateur de base pour couvrir les besoins d'ECS.

## 3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Ces algorithmes sont en amont du modèle de ballon et déterminent le volume à puiser au pas de temps  $h$  puis l'énergie et le volume à fournir par le générateur de base pour remplir le ballon avec de l'eau à la température de consigne.

### 3.1 ITÉRATIONS LORS D'UN MÊME PAS DE TEMPS HORAIRE POUR LE CALCUL DU VOLUME PUISÉ

Le calcul du volume puisé à partir de la demande d'énergie utilise la température de la zone basse du ballon  $\theta_{z\_B}$  (au pas de temps précédent). Par conséquent, chaque zone pouvant avoir une température différente, le volume puisé ne peut excéder le volume de la plus petite zone du ballon.

Pour remédier à cela, le volume puisé total du pas de temps  $h$  est calculé au cours de plusieurs itérations  $i$ , avec les hypothèses suivantes :

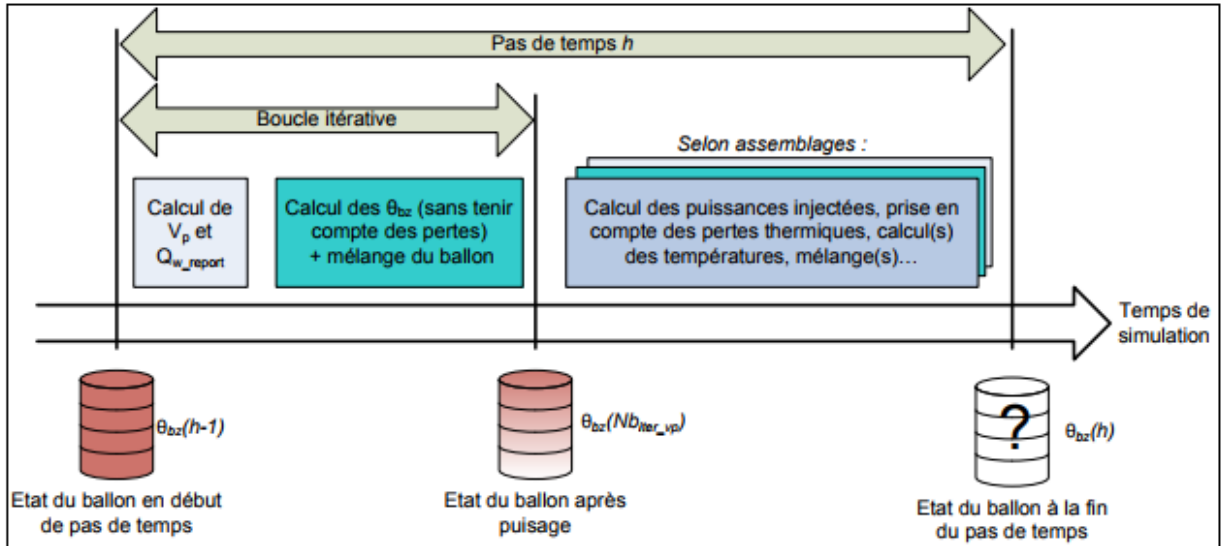
Le volume puisé, l'énergie reportée et les températures du ballon ( $V_p$ ,  $Q_{w\_sto\_unit\_report}$ ,  $\theta_{z\_B}/\theta_{z\_H}$ ) sont calculés à chaque itération ;

- si l'énergie reportée est nulle, la boucle itérative s'arrête ;

Ni les pertes ni les puissances injectées dans le ballon ne seront comptabilisées avant la dernière itération de la boucle ;

La chronologie des événements est expliquée ci-dessous :





### Calcul du nombre d'itérations

Le nombre total d'itérations servant à calculer le volume total puisé dans le ballon est égal à :

$$Nb_{iter\_vp}=4$$

Le système PAC FACTEUR 7 étant basé sur un assemblage Ballon base avec appoint séparé instantané, les calculs de cette fiche sont remplacés par les algorithmes de *S2\_GEN\_ballon\_base\_échangeur\_AS\_instantané*.

### Initialisation de la boucle itérative

*i* est initialisé à 1 au début du pas de temps *h*

### Calcul du volume puisé d'ECS (boucle itérative)

A la première itération (*i*=1), on pose

$$Q_{w\_sto\_unit}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(h) \quad (101)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante.

$$Si (\theta_{z\_B}(h - 1) > \theta_{max}^{gen})$$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (102)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw})$$

Si  $(\theta_{cw} < \theta_{z_B}(h-1) < \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (103)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(h-1) - \theta_{cw})$$

Si  $(\theta_{z_B}(h-1) < \theta_{cw})$

$$V_p(i) = 0 \quad (104)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i)$$

La boucle itérative continue tant que  $(1 < i \leq Nb_{iter\_vp}$  et  $Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) \neq 0$ )

De même que précédemment,

Si  $(\theta_{z_B}(i-1) > \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{z_B}(i-1) - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (105)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(i-1) - \theta_{cw})$$

Si  $(\theta_{cw} < \theta_{z_B}(i-1) < \theta_{max}^{gen})$

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w\_sto\_unit}(i)}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{max}^{gen} - \theta_{cw})}, \{V_z\}_{z \in \{B,H\}}\right) \quad (106)$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) - \rho_w \cdot c_w \cdot V_p(i) \cdot (\theta_{z_B}(i-1) - \theta_{cw})$$

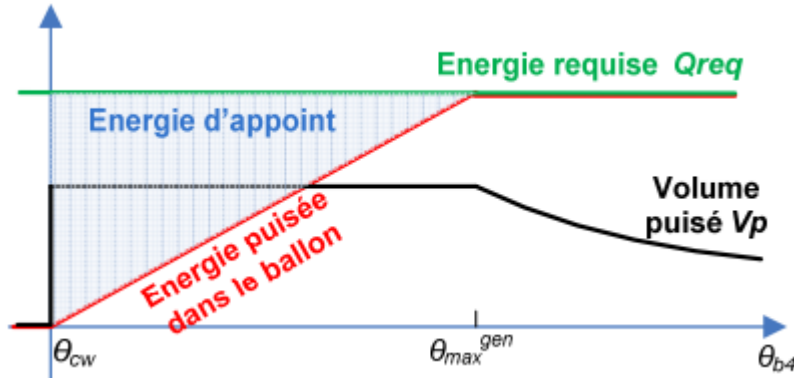
Si  $(\theta_{z_B}(i-1) < \theta_{cw})$

$$V_p(i) = 0$$

$$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i) = Q_{w\_sto\_unit}(i) \quad (107)$$

Pour une température de la zone de puisage ( $\theta_{z\_B}$ ) inférieure à la température maximale attendue par les réseaux intergroupes ( $\theta_{max}^{gen}$ ), le volume puisé ne dépend pas de la température du ballon puisqu'il est calculé avec un écart de température constant. De ce fait, l'appoint est nécessaire.

Dans le cas contraire, le ballon peut assurer seul la demande d'énergie. L'appoint ne fonctionne pas.



La boucle itérative sur les algorithmes de la gestion-régulation de la base du ballon se termine ici.

Le volume total puisé dans le ballon au pas de temps courant est noté de la manière suivante :

$$V_p(h) = \sum_{i=1}^{Nb_{iter\_vp}} V_p(i) \quad (108)$$

### 3.2 CALCUL DE LA PUISSANCE REQUISE

Le dispositif de régulation du ballon se base sur le volume d'eau restant après le puisage.

Le dispositif chauffant devra se déclencher si :  $V_p(h) > 0$  ou  $V_z < V_{tot}$

La puissance requise à fournir par la base est donnée par l'équation :

$$Q_{req\_sto\_base} = \max(\rho_w \cdot c_w \cdot (V_{tot} - (V_{zB} + V_{zH})) \cdot (\theta_{c\_base} - \theta_{cw}), 0) \quad (109)$$

Les volumes sont ceux de la dernière itération (voir les algorithmes du ballon de stockage PAC FACTEUR 7).

*Fiche algorithme du ballon de stockage*

*pour le système PAC FACTEUR 7*

## 1. NOMENCLATURE DU MODÈLE

Pour le ballon d'eau chaude sanitaire

Entrées				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\theta_{\text{entrant}} (h)$	Température de l'eau chaude à l'entrée du ballon de stockage	°C		
$\theta_{\text{amb}} (h)$	Température ambiante (de l'endroit où est le ballon, déterminée au niveau de la génération)	°C		
$V_p (h)$	Volume horaire puisé (à chaque itération, n'excède pas le volume de la zone la plus petite)	L		
$Nb_{\text{iter\_vp}}$	Nombre d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé total du ballon	-		
$Q_{\text{fouPAC}} (h)$	Puissance fournie par la PAC au ballon de stockage	W		

Paramètres du module				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$V_{\text{tot}}$	Volume total du ballon	L	$[0, +\infty[$	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes thermiques du ballon	W/K	$[0, +\infty[$	-
Statut_donnée_UA	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage vers l'ambiance est une donnée :  3 - Certifiée  2 - Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO  1 - Par défaut	-	{1 , 3}	-

Sorties				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$Pe(h)$	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de	Wh	$[0, +\infty[$	-

	temps h			
$\theta_{z\_B}(h)$	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]	-

Variables internes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$(UA)_{s\_util}$	Coefficient de pertes thermiques du ballon recalculé selon son statut (certifié, déclaré ou justifié)	W/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	$[0, +\infty[$	-
$V_c(h)$	Volume d'eau injecté dans le ballon par la PAC	L	$[0, +\infty[$	
$V_{z\_H}$	Volume de la zone haute du ballon	L	$[0, V_{tot}/2]$	-
$V_{z\_B}$	Volume de la zone basse du ballon	L	$[0, V_{tot}/2]$	-
$V_z$	Volume de la zone z du ballon	L	$[0, V_{tot}]$	-
$U_z$	Coefficient de pertes thermiques de la zone z du ballon	W/K	$[0, +\infty[$	-

Constantes				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	kg/L	-	1
$c_w$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	-	1,163

## 2. DESCRIPTION DU BALLON DE STOCKAGE D'EAU CHAUDE

Le ballon de stockage d'eau chaude sanitaire du système PAC FACTEUR 7<sup>®</sup> est un élément principal, il ne comporte aucun échangeur de chaleur.

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 afin d'assurer la distribution dans le bâtiment.

## 3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

### TYPES DE BALLON

Le ballon est décrit par 2 zones.

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  $\theta_z$  (h).

### PERTES THERMIQUES DU STOCKAGE D'EAU CHAUDE

La valeur de UA par défaut est, selon le tableau 215 page 968 de la méthode Th-BCE pour les ballons de type « Autre » :

$$Q_{pr} = 0,189 \cdot V_{tot}^{0,55} \quad (110)$$

Pour convertir  $Q_{pr}$  en UAs, la formule suivante est appliquée :

$$UA_S = \frac{Q_{pr} * 1000}{24 * \Delta T^\circ}$$

L'hypothèse sur  $\Delta T^\circ$  est la suivante :  $\Delta T^\circ$  entre l'extérieur et le ballon est de 45°C.

Les pertes du stockage sont calculées en appliquant la procédure suivante, si la valeur est déclarée :

$$UA_{S\_util} = UA_S \times 1,2 \quad (111)$$

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

Pour les zones « Eau chaude » :

$$U_z = UA_{S_{util}} \cdot \frac{V_z}{V_{tot}} \quad (112)$$

Calcul des températures de chaque zone

Les algorithmes du ballon s'organisent en deux étapes :

Calcul des pertes pour chaque zone avec les températures de la fin du pas précédent  
Calcul des températures de chaque zone après puisage et application des apports et des pertes

### **Calcul des pertes**

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

$$Pe_{z_B}(h) = U_z \cdot (\theta_{z_B}(h) - \theta_{amb}(h)) \quad (113)$$

$$Pe_{z_H}(h) = U_z \cdot (\theta_{z_H}(h) - \theta_{amb}(h)) \quad (114)$$

Les pertes du ballon sont donc la somme des pertes des deux zones.

$$P_e(h) = \sum_z Pe_z(h) = Pe_{z_B}(h) + Pe_{z_H}(h) \quad (115)$$

Note : au premier pas de temps de la simulation, nous prendrons  $\theta_{z_B}(h-1) = \theta_{z_H}(h-1) = 55^\circ\text{C}$ .

### **BOUCLE ITÉRATIVE DE PUISAGE**

Une partie des algorithmes ci-dessous est incluse dans une boucle itérative. Cette boucle (commencée dans la partie « gestion-régulation de la base du ballon ») est nécessaire pour calculer la totalité du volume puisé dans le ballon en tenant compte de l'évolution des températures de chaque zone du ballon due à l'effet piston.

### **Températures pendant le puisage**

La température de l'eau chaude dans le ballon est déterminée en deux étapes.



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

$$\theta_{z_B}(h-1) = \theta_{z_B}(h-1) - \left( Pe_{z_B} / (V_{z_B} \cdot \rho_w \cdot c_w) \right) \quad (116)$$

$$\theta_{z_H}(h-1) = \theta_{z_H}(h-1) - \left( Pe_{z_H} / (V_{z_H} \cdot \rho_w \cdot c_w) \right) \quad (117)$$

On calcule le nouveau volume du ballon :

Le volume des zones haute et basse est donné par les relations suivantes :

$$V_z = V_z - V_p \quad (118)$$

$$V_{z_H} = V_{z_B} = V_z / 2 \quad (119)$$

$$\theta_{z_B}(i) = \frac{\left( (V_{z_B} - V_p/2) \cdot \theta_{z_B}(i-1) + V_p/2 \cdot \theta_{z_H}(i-1) \right)}{V_{z_B}} \quad (120)$$

$$\theta_{z_H}(i) = \frac{V_{z_H} \cdot \theta_{z_H}(i-1)}{V_{z_H}} \quad (121)$$

Après la boucle itérative de puisage

### ***Température après puisage avec apports***

Calcul du volume d'eau chaude apportée par la PAC dans le ballon:

$$V_C = \frac{Q_{\text{fouPAC}}(h)}{(55 - \theta_{cW}) \cdot \rho_w \cdot c_w} \quad (122)$$

Détermination de la température finale après les éventuels mélanges l'eau chaude entrante

$$V_z = V_z + V_C \quad (123)$$

Si  $V_{z-H} + V_C = 0$ , alors  $T_{z-H}$  et  $T_{z-B}$  restent inchangés.

$$\theta_{z_H}(i) = \frac{V_{z_H} \cdot \theta_{z_H}(i-1) + \min(V_C/2, V_{z_B}) \cdot \theta_{z_B}(i-1) + \max(V_C/2 - V_{z_B}, 0) \cdot \theta_{entrant}}{V_{z_H} + V_C/2} \quad (124)$$

$$\theta_{z_B}(i) = \frac{(V_{z_B} \cdot \theta_{z_B}(i-1) + V_C/2 \cdot \theta_{entrant})}{V_{z_B} + V_C/2} \quad (125)$$

$$V_{zH} = V_{zB} = V_z/2 \quad (126)$$