

## A N N E X E

Modalités de prise en compte des systèmes « Heliopacsystem<sup>®</sup>, Heliopacsystem+<sup>®</sup> & Geopacsystem<sup>®</sup> » dans la réglementation thermique 2012

### 1. Définition des systèmes

Les systèmes Heliopacsystem<sup>®</sup>, Heliopacsystem+<sup>®</sup> et Geopacsystem<sup>®</sup> sont des systèmes thermodynamiques à compression électrique eau glycolée/eau ou eau/eau permettant d'assurer la production d'ECS centralisée.

Le volume de stockage permet une séparation en deux zones distinctes de manière à assurer le principe de « stratification dynamique » en deux zones dites de « Stock » et « Stratégique », nécessaire au fonctionnement optimal du système : le système thermodynamique doit pouvoir alimenter chacune de ces zones. Le ou les ballons composant le stockage doivent être assemblés, connectés et régulés selon les modalités définies au niveau du présent arrêté.

Dans le cas où il y a un seul ballon composant le stockage, il doit y avoir quatre piquages : deux pour l'alimentation de la partie stratégique (délimitant la zone « Stratégique »), et deux permettant l'alimentation de la partie stock (délimitant la zone de « Stock »).

Heliopacsystem<sup>®</sup> repose sur l'association entre une PAC Eau glycolée/Eau et un champ de capteurs solaires tubulaires non vitrés dans lequel circule l'eau glycolée.

Heliopacsystem+<sup>®</sup> correspond à une variante du système Heliopacsystem<sup>®</sup>. Son principe de fonctionnement est identique, la seule différence entre ces deux solutions se situe au niveau du champ de capteurs solaires qui est composé de panneaux non vitrés photovoltaïques et thermiques (PVT) au lieu des capteurs solaires tubulaires non vitrés, uniquement thermiques.

Geopacsystem<sup>®</sup> repose sur le même principe de fonctionnement qu'Heliopacsystem<sup>®</sup>. Ces systèmes se différencient au niveau de la source amont qui peut être de l'eau issue d'une nappe, d'un forage géothermique, de l'eau glycolée circulant dans des capteurs géothermiques verticaux ou horizontaux ou encore toute autre source d'eau tempérée.

Un appoint est systématiquement associé au système et permet d'assurer la production de l'ECS pour les cas de températures amont extrêmes où la pompe à chaleur ne peut pas fonctionner. Cet appoint doit être positionné au niveau du premier tiers supérieur de la zone « Stratégique » (faux=0,33).

### 2. Domaine d'application

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout type de bâtiment soumis à la réglementation thermique 2012.

### 3. Méthode de prise en compte

L'algorithme de calcul se compose d'un assemblage « Production stockage » gérant l'appel des procédures intégrées aux 3 différents modules dénommés :

- « Ballons stockage »,
- « Boucle solaire »,
- « PAC ».

Les étapes de calcul de cet assemblage (schématisées §3.3.1 de la présente annexe) s'appuient sur celles mises en œuvre dans la méthode de calcul Th-BCE 2012 pour la modélisation d'une production d'ECS avec stockage de type « Ballon base échangeur avec appoint séparé dans ballon » (§11.19, p1034 de la méthode Th-BCE 2012). Elles ont été adaptées de manière à prendre en compte les spécificités liées au principe de fonctionnement par « stratification dynamique » :

- Le générateur thermodynamique assure la charge du ou des ballons de stockage, « Stock » et « Stratégique », avec priorité à la charge du ballon « Stratégique ».
- L'appoint assure uniquement la charge du dernier tiers du ballon « Stratégique ».

La modélisation des systèmes Heliopacsystem® ou Geopacsystem® se distingue au niveau des étapes 4 à 6 (dénommées G4 à G6 pour Geopacsystem®). Les autres séquences de calcul sont par ailleurs strictement identiques.

Les étapes de calcul externes à l'extension dynamique, c'est-à-dire opérées par d'autres modules internes au moteur Th-BCE 2012 sont repérées sur les schémas ci-dessous par un fond **vert**. Celles internes à l'extension dynamique sont quant à elles repérées par un fond **bleu**.

### 3.1 NOMENCLATURE DU MODÈLE

#### 3.1.1 MODULE ASSEMBLAGE « PRODUCTION STOCKAGE »

##### Entrées

Nom	Description	Unité
$T_e(h)$	Température extérieure d'air sec	°C
$T_{eau}(h)$	Température d'eau froide du réseau	°C
$T_{amb}(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C
$T_{ecs\_max}^{gen}$	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe d'ECS connectés à la génération gen.	°C
$Q_{req\_ecs}(h)$	Demande en énergie en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh

##### Paramètres du module

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Type\_Systeme$	Type de système associé au stockage : 0 : Heliopacsystème 1 : Geopacsystème	Ent.	[0;1]	-
$Name$	Nom du composant	-	-	-
$Index$	Identifiant unique d'un composant  (Voir nomenclatures « Ballons stockage », « PAC » et « Boucle solaire »)	Ent.	[0;+∞[	-

##### Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle
$Q_{fou}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par les générateurs de base et d'appoint.	Wh	[0;+∞[
$Q_{cons}(h)$	Consommation horaire de l'assemblage en énergie finale.	Wh	[0;+∞[
$Q_{rest}(h)$	Énergie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	[0;+∞[
$\{Q_{cef}(fonct.,en.)\}(h)$	Consommation en énergie finale de l'assemblage, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh	[0;+∞[
$\Phi_{vc}(h)$	Pertes thermiques transmises vers l'ambiance	Wh	[0;+∞[
$T_{charge}(h)$	Taux de charge de la PAC	Réel	[0;1]

$W_{aux\_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires de l'assemblage	Wh	[0;+∞[
$Q_{pr\_elec}(h)$	Production électrique de l'assemblage	Wh	[0;+∞[
$R_{fonctecs}(h)$	Temps de fonctionnement de l'assemblage en ECS	Réel	[0;1]

### Variables internes

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Id_{fou\_sto}$	Fonction de l'élément de stockage compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent.	[0;5]	3
$Id_{En\_Gen\_PAC}$	Type d'énergie qu'utilise la PAC 50 : Électricité	Ent.	[10;69]	50
$Id_{En\_Gen\_app}$	Type d'énergie qu'utilise le générateur d'appoint	Ent.	[10;69]	
$Id_{fou\_gen\_app}$	Fonction de l'élément de stockage compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent.	[3;4]	
$Q_{pr\_elec\_app}(h)$	Production électrique du générateur d'appoint	Wh	[0;+∞[	
$UA_{hx}$	Coefficient d'échange de l'échangeur situé entre le ballon « stratégique » et le générateur d'appoint	W/K	]0;+∞[	
$\theta_{aval\_app}(h)$	Température aval du générateur d'appoint	°C	-	
$Q_{cons\_app\_strat}(h)$	Consommation horaire de l'appoint pour fournir l'énergie requise par le ballon « stratégique »	Wh	[0;+∞[	
$W_{aux\_pro\_app}(h)$	Consommation des auxiliaires du générateur d'appoint	Wh	[0;+∞[	
$P_{max\_app}(h)$	Puissance maximale du générateur d'appoint	W	[0;+∞[	
$P_{max\_Geopac}(h)$	Puissance maximale de la Geopac (Type_Systeme = Geopacsystem)	W	[0;+∞[	
$P_{aux\_Geopac}$	Puissance des auxiliaires de la PAC pour Type_Systeme = 1	W	[0;+∞[	
$T_{entree\_PAC}(h)$	Température en entrée de la PAC	°C	-	
$C_{cor}$	Coefficient de correction prenant en compte les puissances disponible et requise pour l'approvisionnement du ballon « stock »	Réel	[0 ;1]	

	Identificateur du fluide aval :			
IdFluide_aval	1 : Eau	Ent.	[1;2]	1
	2 : Air			
Idpriorite_ecs	Indice de priorité de l'assemblage pour la production d'ECS	Ent.	[1; +∞[	1
	(Voir nomenclatures « Ballons stockage », « PAC » et « Boucle solaire »)			

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
	(Voir nomenclatures « Ballons stockage » (§ 3.1.2), « Boucle solaire » (§ 3.1.3) et « PAC » (§ 3.1.4))		

Tableau 1 : Nomenclature des différentes variables du module Assemblage production stockage

### 3.1.2 MODULE « BALLONS STOCKAGE »

#### Entrées

Nom	Description	Unité
$Q_{fou\_PAC\_strat}(h)$	Énergie fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh
$Q_{fou\_PAC\_stock}(h)$	Énergie fournie par la PAC au ballon « stock »	Wh
$Q_{fou\_app\_strat}(h)$	Énergie fournie par le générateur d'appoint au ballon « stratégique »	Wh

(Voir nomenclature de l'assemblage « Production stockage »)

#### Paramètres du module

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$V_{tot\_stock}$	Volume total du ballon « stock »	L	$]0; +\infty[$	-
$Statut\_UA\_stock$	Statut de la valeur UA du ballon « stock » : 0 : Certifiée 1 : Justifiée	Ent.	$[0; 1]$	-
$UA\_stock$	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stock »	W/K	$]0; +\infty[$	-
$V_{tot\_strat}$	Volume total du ballon « stratégique »	L	$]0; +\infty[$	-
$Statut\_UA\_strat$	Statut de la valeur UA du ballon « stratégique » : 0 : Certifiée 1 : Justifiée	Ent.	$[0; 1]$	-
$UA\_strat$	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stratégique »	W/K	$]0; +\infty[$	-

#### Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle
$Q_{w\_sto\_unit\_report}(h)$	Besoin d'énergie non couvert pour le ballon « stratégique », reportée au pas de temps suivant	Wh	$[0; +\infty[$
$Q_{req\_strat\_PAC}(h)$	Énergie requise à fournir au ballon « stratégique » par la PAC	Wh	$[0; +\infty[$
$Q_{req\_stock\_PAC}(h)$	Énergie requise à fournir au ballon « stock » par la PAC	Wh	$[0; +\infty[$
$Q_{req\_strat\_app}(h)$	Énergie requise à fournir au ballon « stratégique » par le générateur d'appoint	Wh	$[0; +\infty[$
$T_z\_strat(h)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps courant	C°	-

$T_{z\_strat}(i)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » lors de l'itération $i$	C°	-
$T_{z\_stock}(h)$	Champ de température dans le ballon « stock » au pas de temps courant	C°	-
$T_{z\_stock}(i)$	Champ de température dans le ballon « stock » lors de l'itération $i$	C°	-
$Pe_{strat}(h)$	Pertes thermiques totales du ballon « stratégique »	Wh	$[0; +\infty[$
$Pe_{stock}(h)$	Pertes thermiques totales du ballon « stock »	Wh	$[0; +\infty[$

### Variables internes

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$UA\_strat\_utile$	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stratégique » corrigé suivant son statut	W/K	$]0; +\infty[$	
$UA\_stock\_utile$	Coefficient de pertes thermiques du ballon « stock » corrigé suivant son statut	W/K	$]0; +\infty[$	
$Nb_{iter}$	Nombre maximum d'itérations de la boucle pour le calcul du volume puisé $V_p$	Ent.	-	
$i$	Numéro de l'itération en cours	Ent.	-	
$Q_{w\_sto\_unit\_report}(i)$	Besoin d'énergie non couvert pour le ballon « stratégique », reportée à l'itération $i$ suivante	Wh	$[0; +\infty[$	
$Nbh_{report}(h)$	Nombre d'heure où le besoin n'a pas été couvert en sortie du ballon « stratégique », message d'alerte si $>24h$	h	$[0; 25]$	
$Q_{w\_sto\_unit}(i)$	Besoins d'énergie requis pour le ballon « stratégique » lors de l'itération $i$	Wh	$[0; +\infty[$	
$z$	Numéro de la zone du ballon « stratégique » ou « stock »	Ent.	$[1; 4]$	
$V_{z\_strat}$	Volume de chaque zone "z" du ballon « stratégique »	L	$[0; +\infty[$	
$V_{z\_stock}$	Volume de chaque zone "z" du ballon « stock »	L	$[0; +\infty[$	
$V_{min}$	Volume de la zone la plus petite des ballons de stockage «stratégique » et « stock »	L	$[0; +\infty[$	
$V_p(h)$	Volume puisé au pas de temps courant	L	$[0; +\infty[$	
$V_p(i)$	Volume puisé lors de l'itération $i$	L	$[0; V_{min}[$	
$T_{z\_strat}(h-1)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps précédent	C°	-	
$T_{z\_strat}(h-2)$	Champ de température dans le ballon « stratégique » au pas de temps h-2	C°	-	
$T_{z\_stock}(h-1)$	Champ de température dans le ballon « stock » au pas de temps précédent	C°	-	
$T_{z\_stock}(h-2)$	Champ de température dans le ballon « stock » au pas de temps h-2	C°	-	

$Pe_{z\_strat}(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stratégique »	Wh	[0;+∞[	
$Pe_{z\_strat}(h-1)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stratégique » au pas de temps précédent	Wh	[0;+∞[	
$Pe_{z\_stock}(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stock »	Wh	[0;+∞[	
$Pe_{z\_stock}(h-1)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon « stock » au pas de temps précédent	Wh	[0;+∞[	
$f_{aux}$	Fraction effective concernée par l'appoint du ballon « stratégique » (avec appoint en zone n°3)	-	[0 ;1]	0,33
$\Delta T_{hyst}$	Hystérésis des thermostats des ballons	°C	]0;+∞[	5
$T_{cons\_ball}$	Température de consigne des ballons « stratégique » et « stock »	°C	[0;100]	55

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
$C_w$	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

Tableau 2 : Nomenclature des différentes variables du module Ballons Stockage



### 3.1.3 MODULE « BOUCLE SOLAIRE »

#### Entrées

Nom	Description	Unité
$T_{\text{sortie\_PAC}}(h-1)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur) au pas de temps précédent	°C
$T_{\text{charge\_PAC}}(h-1)$	Taux de charge total de la PAC au pas de temps précédent	Réel
$I_{\text{sr}}^*(h)$	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m <sup>2</sup>
$V_{\text{vent}}(h)$	Vitesse du vent	m/s
$T_e(h)$	Température extérieure d'air sec	°C
$T_{\text{ciel}}(h)$	Température du ciel	°C
$H_s(h)$	Gamma : hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon	°
$A_s(h)$	Azimut du soleil	°

(Voir nomenclature de l'assemblage « Production stockage »)

#### Paramètres du module

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$\alpha$	Orientation des capteurs solaires sous forme d'angle (0° : Sud ; 90° : Ouest ; 180° : Nord ; 270° : Est)	°	[0;360]	-
$\beta$	Inclinaison des capteurs solaires (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°	[0;90]	-
$S_{\text{capteur}}$	Superficie totale de capteurs solaires (superficie d'entrée)	m <sup>2</sup>	[0;+∞[	-
$Rat_{\text{capt\_masq}}$	Pourcentage de la surface totale de capteurs masquée en permanence (ex : capteurs superposés)	%	[0;100]	-
$U_e$	Coefficient de pertes thermiques de la tuyauterie vers l'extérieur	W/K	[0 ;+∞[	-
$K_\theta$	Facteur d'angle d'incidence	-	[0;1]	-
$\eta_0$	Rendement optique du capteur	-	[0;1]	-
$bu$	Coefficient de dépendance au vent du rendement optique	s/m	[0;+∞[	-

$b_1$	Coefficient de pertes du premier ordre du capteur	W/(m <sup>2</sup> .K)	[0;+∞[	-
$b_2$	Coefficient de dépendance au vent du coefficient de pertes	W.s/(m <sup>3</sup> .K)	[0;+∞[	-
$P_{circu\_prim}$	Puissance du circulateur de la boucle solaire (entre PAC et capteurs)	W	[0;+∞[	-

### Sorties

Nom	Description	Unité
$T_{entree\_PAC}(h)$	Température en entrée de la PAC	°C

### Variables internes

Nom	Description	Unité
$Q_{er^*}(h)$	Densité de flux de chaleur des capteurs vers la voûte céleste	W/m <sup>2</sup>
$DV_{boucle\_sol}$	Débit volumique d'eau glycolée circulant au niveau de la boucle solaire	L/h
$T_{entree\_capteur}(h)$	Température en entrée des capteurs	°C
$T_{sortie\_capteur}(h)$	Température en sortie des capteurs	°C
$T_{sortie\_boucle\_sol}(h)$	Température en sortie de boucle solaire	°C

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$\rho_{wg}$	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/L	1,039
$c_{wg}$	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	Wh/(kg.K)	1,038
$h_{re}$	Coefficient d'échange radiatif entre les capteurs et le ciel	W/m <sup>2</sup> .K	5,5

Tableau 3 : Nomenclature des différentes variables du module Boucle solaire

### 3.1.4 MODULE « PAC »

#### Entrées

Nom	Description	Unité
$\theta_{\text{amont}}(h)$	Température de la source amont	°C
$\theta_{\text{aval}}(h)$	Température de la source aval	°C
$Q_{\text{req\_strat\_PAC}}(h)$	Énergie requise à fournir par la PAC au ballon « stratégique »	Wh
$Q_{\text{req\_stock\_PAC}}(h)$	Énergie requise à fournir par la PAC au ballon « stock »	Wh

(Voir nomenclature de l'assemblage « Production stockage »)

#### Paramètres du module

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$R_{\text{dim}}$	Nombre de pompes à chaleur identiques associées au stockage	Ent.	[1; +∞[	-
$\text{Statut\_Performances}$	Statut des performances de la PAC : 0 : Certifié 1 : Justifié 2 : Déclaré 3 : Par défaut	Ent.	[0;3]	-
$\text{COP\_pivot}$	Valeur pivot du COP à +10/45°C	-	[0;+∞[	-
$\text{Pabs\_pivot}$	Valeur pivot de la puissance électrique absorbée à +10/45°C	kW	[0;+∞[	-
$\text{COP\_10\_65}$	Valeur du COP à +10/65°C	-	[0;+∞[	-
$\text{Pabs\_10\_65}$	Valeur de la puissance électrique absorbée à +10/65°C	kW	[0;+∞[	-
$T_{\text{aux}}$	Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale	Réel	[0;1]	-
$P_{\text{circu\_second}}$	Puissance du circulateur pour le circuit secondaire (entre PAC et ballons)	W	[0;+∞[	-

#### Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle
$Q_{\text{fou\_PAC\_strat}}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stratégique »	Wh	[0;+∞[
$Q_{\text{cons\_PAC\_strat}}(h)$	Consommation horaire de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh	[0;+∞[
$T_{\text{charge\_PAC\_strat}}(h)$	Taux de charge de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Réel	[0;1]

$W_{aux\_pro\_PAC\_strat}(h)$	Consommation des auxiliaires pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh	$[0; +\infty[$
$\Phi_{sout\_PAC\_strat}(h)$	Énergie soutirée à la source amont pour fournir l'énergie requise au ballon « stratégique »	Wh	$[0; +\infty[$
$Q_{fou\_PAC\_stock}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par la PAC au ballon « stock »	Wh	$[0; +\infty[$
$Q_{cons\_PAC\_stock}(h)$	Consommation horaire de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stock »	Wh	$[0; +\infty[$
$T_{charge\_PAC\_stock}(h)$	Taux de charge de la PAC pour fournir l'énergie requise au ballon « stock »	Réel	$[0; 1]$
$W_{aux\_pro\_PAC\_stock}(h)$	Consommation des auxiliaires pour fournir l'énergie requise au ballon « stock »	Wh	$[0; +\infty[$
$\Phi_{sout\_PAC\_stock}(h)$	Énergie soutirée à la source amont pour fournir l'énergie requise au ballon « stock »	Wh	$[0; +\infty[$
$T_{charge\_PAC}(h)$	Taux de charge total de la PAC	Réel	$[0; 1]$
$T_{charge\_PAC}(h-1)$	Taux de charge total de la PAC au pas de temps précédent	Réel	$[0; 1]$
$T_{sortie\_PAC}(h)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur)	°C	-
$T_{sortie\_PAC}(h-1)$	Température d'eau glycolée en sortie de PAC (côté évaporateur) au pas de temps précédent	°C	-
$P_{abs\_pc}$	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W	$[0; +\infty[$

### Variables internes

Nom	Description	Unité	Intervalle
$ValCOP_{10\_55}$	Valeur du COP à +10/55°C interpolée entre la valeur pivot et la valeur à +10/65°C	-	$[0; +\infty[$
$ValPabs_{10\_55}$	Valeur de la puissance absorbée à +10/55°C interpolée entre la valeur pivot et la valeur à +10/65°C	kW	$[0; +\infty[$
$ValCOP(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Fonction d'interpolation du COP au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-	-
$ValPabs(\theta_{amont}; \theta_{aval})$	Fonction d'interpolation de la puissance absorbée au couple $\theta_{amont} / \theta_{aval}$	-	-
$P_{aux}(h)$	Puissance des auxiliaires	Wh	$[0; +\infty[$
$Fonc\_compr$	1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du compresseur  (Voir fiche algorithme §10.21 de la méthode Th-BCE 2012)	Ent.	$[1; 2]$ 2

$COP_{util\_max}$	Valeur utile maximale du COP utilisée pour déterminer le COP pivot si le statut des performances est « Déclaré » ou « Par défaut » : $COP_{util\_max} = 3.4$	-		
$COP_{pc}$	COP à pleine charge aux conditions non nominales	Réel		
$P_{fou\_pc}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur dans les conditions de températures amont et aval au pas de temps h.	W		
$P_{fou\_LR}$	Puissance fournie à charge partielle	W		
$LR$	Taux de charge			
$P_{comp\_pc}$	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge	W		
$P_{comp\_pc}$	Puissance appelée par le compresseur à charge partielle	W		
$P_{compma\_LR}$	Puissance appelée à charge partielle à cause des irréversibilités	W		
$P_{abs\_LR}$	Puissance absorbée à charge partielle	W		
$D_{rou0}$	Durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	Minutes		
$\Theta_{min\_am}$	Température minimale amont en dessous de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	[-50 ; 100]	-10
$\Theta_{max\_am}$	Température maximale amont au delà de laquelle la machine ne peut fonctionner	°C	[0 ; 100]	75
$Deq$	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	[0 ; +∞[	0.5
<b>Constantes</b>				
Nom	Description	Unité	Conv.	
$\rho_{wg}$	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/L	1,039	
$C_{wg}$	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	Wh/(kg.K)	1,038	

Tableau 4 : Nomenclature des différentes variables du module PAC

### 3.2 INITIALISATION DES PARAMÈTRES DE CALCUL

#### 3.2.1 MODULE « BALLON STOCKAGE »

##### 3.2.1.1 Volumes $V_{z\_stock}$ , $V_{z\_strat}$ et $V_{min}$

- Pour le ballon « Stock » :

$$V_{1\_stock} = V_{2\_stock} = V_{3\_stock} = V_{4\_stock} = \frac{V_{tot\_stock}}{4} \quad (1)$$

- Pour le ballon « Stratégique » :

$$V_{1\_strat} = V_{2\_strat} = \frac{(1 - f_{aux}) \times V_{tot\_strat}}{2} \quad (2)$$

$$V_{3\_strat} = V_{4\_strat} = \frac{f_{aux} \times V_{tot\_strat}}{2} \quad (3)$$

Le volume de la plus petite zone est alors :

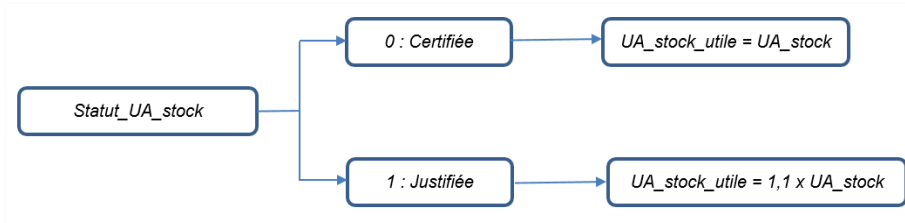
$$V_{min} = \text{MIN}[\{V_{z\_stock}\}; \{V_{z\_strat}\}] \quad (4)$$

##### 3.2.1.2 Nombre d'itération $Nb_{iter}$ pour le calcul du volume puisé

$$Nb_{iter} = \text{Arrondi. inf} \left[ \frac{V_{tot\_stock} + V_{tot\_strat}}{V_{min}} \right] \quad (5)$$

##### 3.2.1.3 Coefficients de pertes thermiques $U_{z\_stock}$ et $U_{z\_strat}$

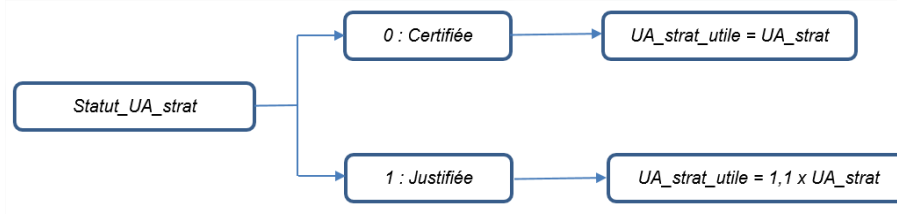
- Pour le ballon « stock » :



Pour  $z=1$  à 4 :

$$U_{z\_stock} = \frac{UA\_stock\_utile \times V_{z\_stock}}{V_{tot\_stock}} \quad (6)$$

- Pour le ballon « stratégique » :



Pour  $z=1$  à  $4$  :

$$U_{z\_strat} = \frac{UA\_strat\_utile \times V_{z\_strat}}{V_{tot\_strat}} \quad (7)$$

#### 3.2.1.4 Pertes thermiques $Pe_{z\_stock}$ , $Pe_{stock}$ , $Pe_{z\_strat}$ et $Pe_{strat}$

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées pour une température d'eau de 50°C (§ 11.9.3.2.1 de la méthode Th-BCE 2012).

- Pour le ballon « Stock » :

Pour  $z=1$  à  $4$  :

$$Pe_{z\_stock} = U_{z\_stock} \times (50 - Tamb) \quad (8)$$

$$Pe_{stock} = \sum_{z=1}^4 Pe_{z\_stock} \quad (9)$$

- Pour le ballon « Stratégique » :

Pour  $z=1$  à  $4$  :

$$Pe_{z\_strat} = U_{z\_strat} \times (50 - Tamb) \quad (10)$$

$$Pe_{strat} = \sum_{z=1}^4 Pe_{z\_strat} \quad (11)$$

#### 3.2.1.5 Températures $T_{z\_stock}$ et $T_{z\_strat}$

Au premier pas de temps, l'ECS contenue au niveau des deux ballons est considérée à la température de consigne.

- Pour le ballon « Stock » :

Pour  $z=1$  à  $4$  :

$$T_{z\_stock}(h-2) = T_{z\_stock}(h-1) = T_{z\_stock}(h) = T_{cons\_ball} \quad (12)$$

- Pour le ballon « Stratégique » :

Pour  $z=1$  à  $4$  :

$$T_{z\_strat}(h-2) = T_{z\_strat}(h-1) = T_{z\_strat}(h) = T_{cons\_ball} \quad (13)$$

### 3.2.2 MODULE « BOUCLE SOLAIRE »

#### 3.2.2.1 Débit d'eau glycolée $Dv_{boucle\_sol}$

Le débit d'eau glycolée  $Dv_{boucle\_sol}$  (L/h) circulant au niveau de la boucle solaire dépend du nombre de pompes à chaleur associées au stockage ( $R_{dim}$ ) :

$$Dv_{boucle\_sol} = (R_{dim} + 1) \times 1000 \quad (14)$$

### 3.2.3 MODULE « PAC »

#### 3.2.3.1 Statut des performances

Le statut des performances saisies (COP\_pivot et COP\_10\_65) peut correspondre aux deux cas suivants :

- Certifié : les valeurs de COP saisies sont certifiées par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base de la norme NF EN 14511.
- Justifié : les valeurs de COP saisies sont justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme NF EN 14511 : les valeurs de calcul sont égales à 0,9 x valeur saisie.
- Déclaré : la valeur du COP pivot utilisée dans le calcul est égale à MIN[0,8 x valeur saisie ; COP\_util\_max].
- Par défaut : la valeur du COP pivot utilisée dans le calcul est égale à 0,8 x COP\_util\_max.



### 3.2.3.2 Matrice de performance

#### 1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice de performance se compose des points suivants :

		Matrice de performance				
	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (\text{°C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	5	Multiplication par Cnnam_COP(X;8,5)		COP_pivot x Cnnav_COP(X;45)	Multiplication par Cnnav_COP(X;8,5)	
	15					
	25					
	35					
	45	COP_pivot x Cnnav_COP(X;8,5)	COP_pivot (Saisie)	COP_pivot x Cnnav_COP(X;8,5)		
	55	COP_10_55 x Cnnav_COP(X;8,5)	COP_10_55 (Interpolée)	COP_10_55 x Cnnav_COP(X;8,5)		
	65	COP_10_65 x Cnnav_COP(X;8,5)	COP_10_65 (Saisie)	COP_10_65 x Cnnav_COP(X;8,5)		

La valeur du COP à +10/55°C (Val\_COP\_10\_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45°C) et de la valeur à +10/65°C :

$$COP_{10_55} = 55 \times \frac{COP_{10_65} - COP_{pivot}}{65 - 45} - \frac{COP_{10_65} \times 45 - COP_{pivot} \times 65}{65 - 45} \quad (15)$$

Les coefficients de correction de la performance utilisés sont les suivants :

		Matrice de performance				
	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (\text{°C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) *Statut « Déclaré » ou « Par défaut »*

Dans ce cas, la matrice de performance est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice de performance				
	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (\text{°C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	5			1,60		
	15			1,50		
	25			1,40		
	35			1,20		
	45	0,70	0,80	Pivot	1,20	1,80
	55			0,8		
	65			0,6		

### 3.2.3.3 Matrice des puissances absorbées

#### 1) Statut « Justifié » ou « Certifié »

La matrice des puissances absorbées se compose des points suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (\text{°C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	5	Multiplication par Cnnav_Pabs(X;8,5)		Pabs_pivot x Cnnav_Pabs(X;45)	Multiplication par Cnnav_Pabs(X;8,5)	
	15					
	25					
	35					
	45	Pabs_pivot x Cnnav_Pabs(X;8,5)	Pabs_pivot (Saisie)	Pabs_pivot x Cnnav_Pabs(X;8,5)		
	55	Pabs_10_55 x Cnnav_Pabs(X;8,5)	Pabs_10_55 (Interpolée)	Pabs_10_55 x Cnnav_Pabs(X;8,5)		
	65	Pabs_10_65 x Cnnav_Pabs(X;8,5)	Pabs_10_65 (Saisie)	Pabs_10_65 x Cnnav_Pabs(X;8,5)		

La valeur de la puissance absorbée à +10/55°C (Val\_Pabs\_10\_55) est interpolée à partir de la valeur pivot (+10/45°C) et de la valeur à +10/65°C :

$$P_{\text{abs\_10\_55}} = 55 \times \frac{P_{\text{abs\_10\_65}} - P_{\text{abs\_pivot}}}{65 - 45} - \frac{P_{\text{abs\_10\_65}} \times 45 - P_{\text{abs\_pivot}} \times 65}{65 - 45} \quad (18)$$

Les coefficients de correction des puissances absorbées utilisés sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (\text{°C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			Interpolée		
	65			Saisie		

2) Statut « Déclaré » ou « Par défaut »

Dans ce cas, la matrice des puissances absorbées est construite uniquement à partir de la valeur pivot. Les coefficients de correction utilisés sont les suivants :

		Matrice des puissances absorbées				
	Tretour	-5	0	10	20	50
	Tdépart	-8	-3	7	17	47
	$\theta_{\text{amont}} (\text{°C}) \rightarrow$	-6,5	-1,5	8,5	18,5	48,5
$\theta_{\text{aval}} (\text{°C})$	5			1,40		
	15			1,30		
	25			1,20		
	35			1,10		
	45	0,80	0,90	Pivot	1,10	1,40
	55			0,9		
	65			0,8		

3.2.3.4 Puissance des auxiliaires

La puissance des auxiliaires,  $P_{\text{aux}}$  (W), est calculée comme dans la méthode de calcul Th-BCE 2012 (§ 10.21.3.6.1) à partir de la part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale,  $T_{\text{aux}}$  :

$$P_{\text{aux}} = P_{\text{abs\_pivot}} \times T_{\text{aux}} \quad (21)$$

3.2.3.5 Température en sortie de PAC

La température en sortie de PAC à h-1 pour le premier pas de temps est considérée égale à la température extérieure :

$$T_{\text{sortie\_PAC}}(h-1) = T_e \quad (22)$$

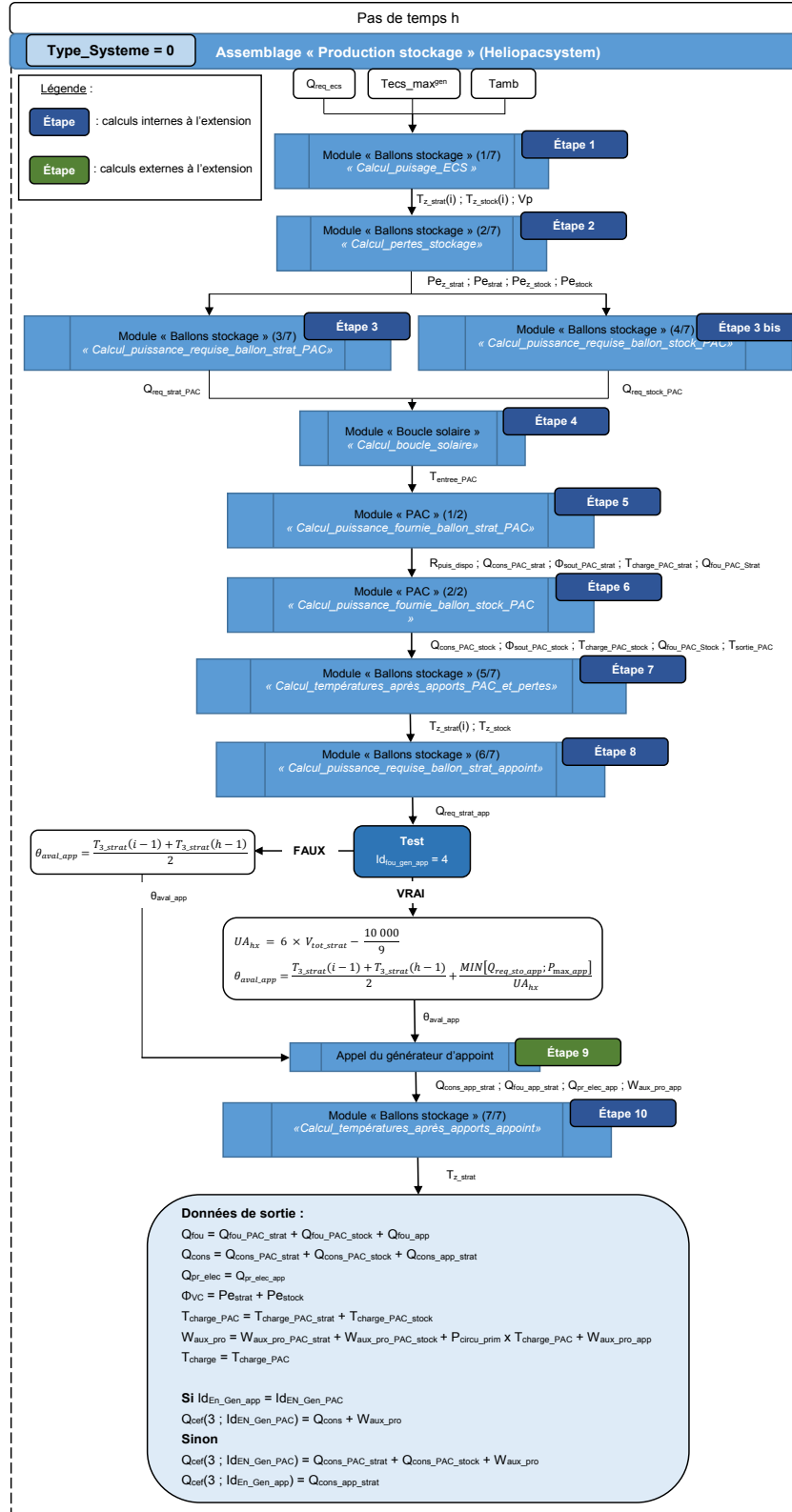
3.2.3.6 Taux de charge de la PAC

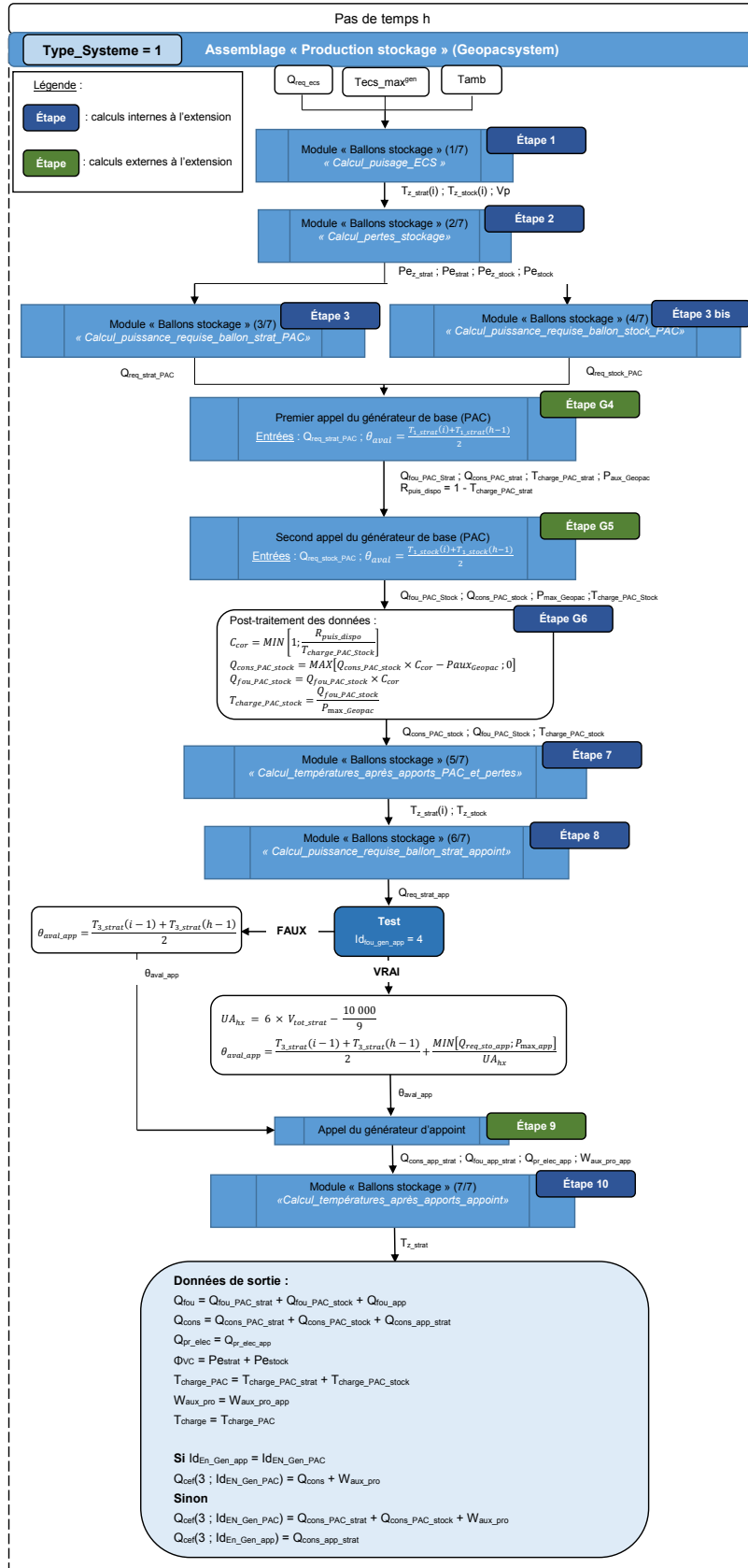
Le taux de charge de la PAC à h-1 pour le premier pas de temps est considéré nul (pas de fonctionnement) :

$$T_{\text{charge\_PAC}}(h-1) = 0 \quad (23)$$

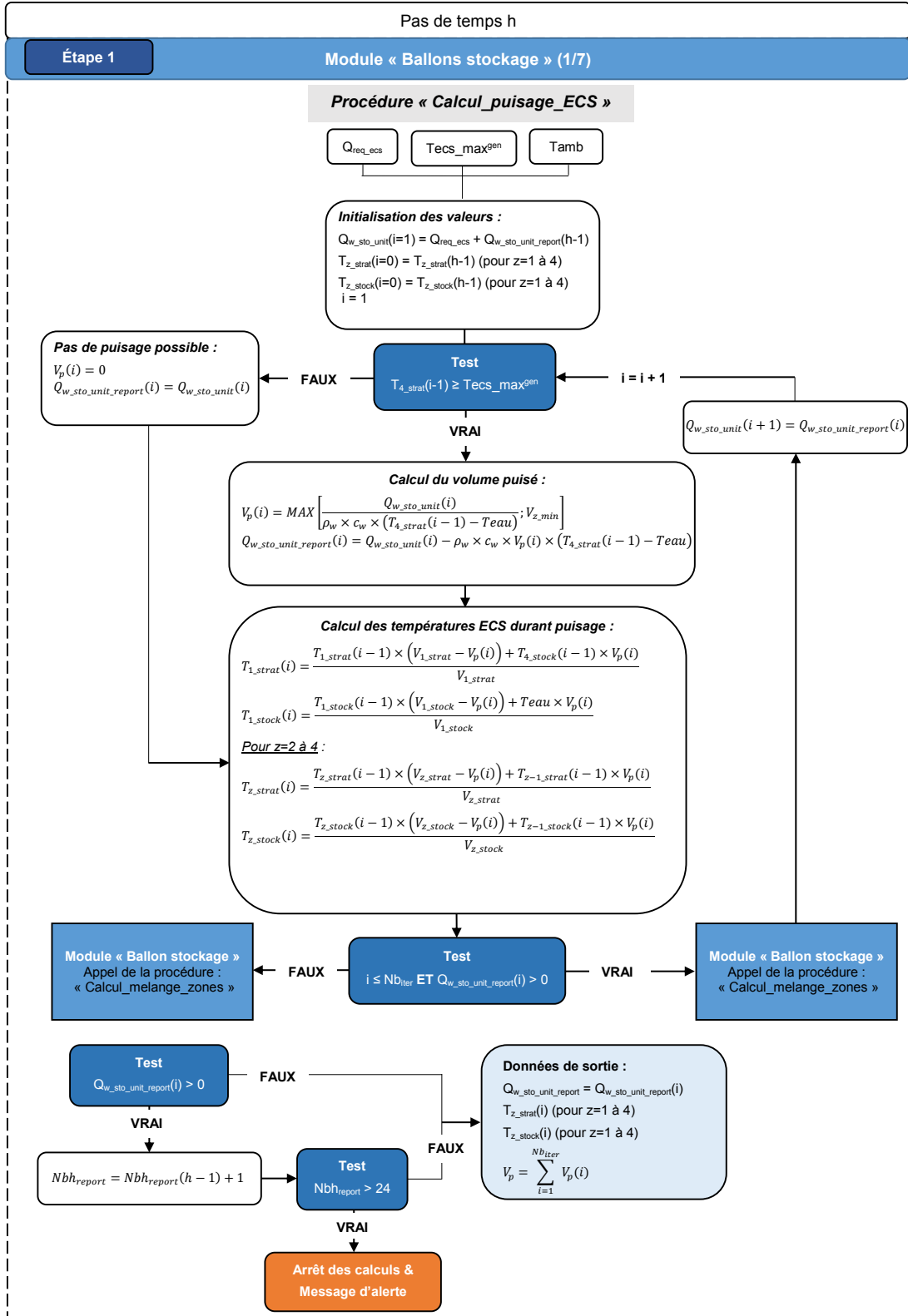
### 3.3 ALGORITHME DE PRISE EN COMPTE AU PAS HORAIRE

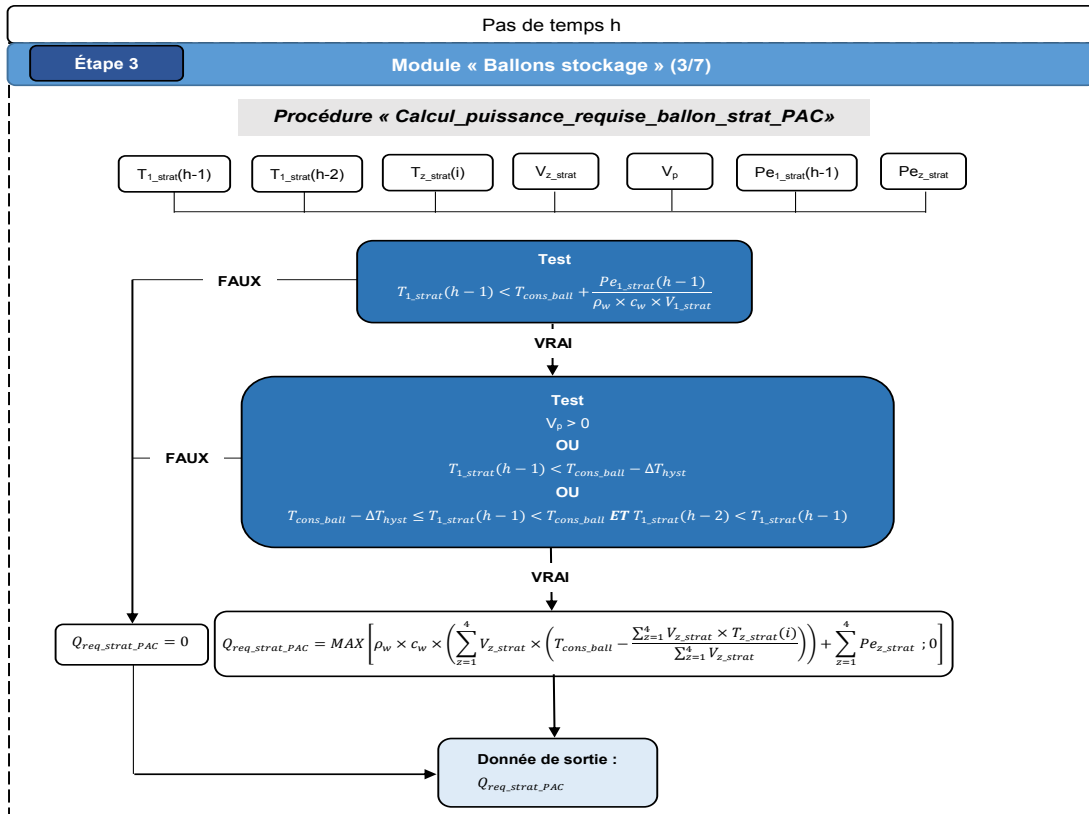
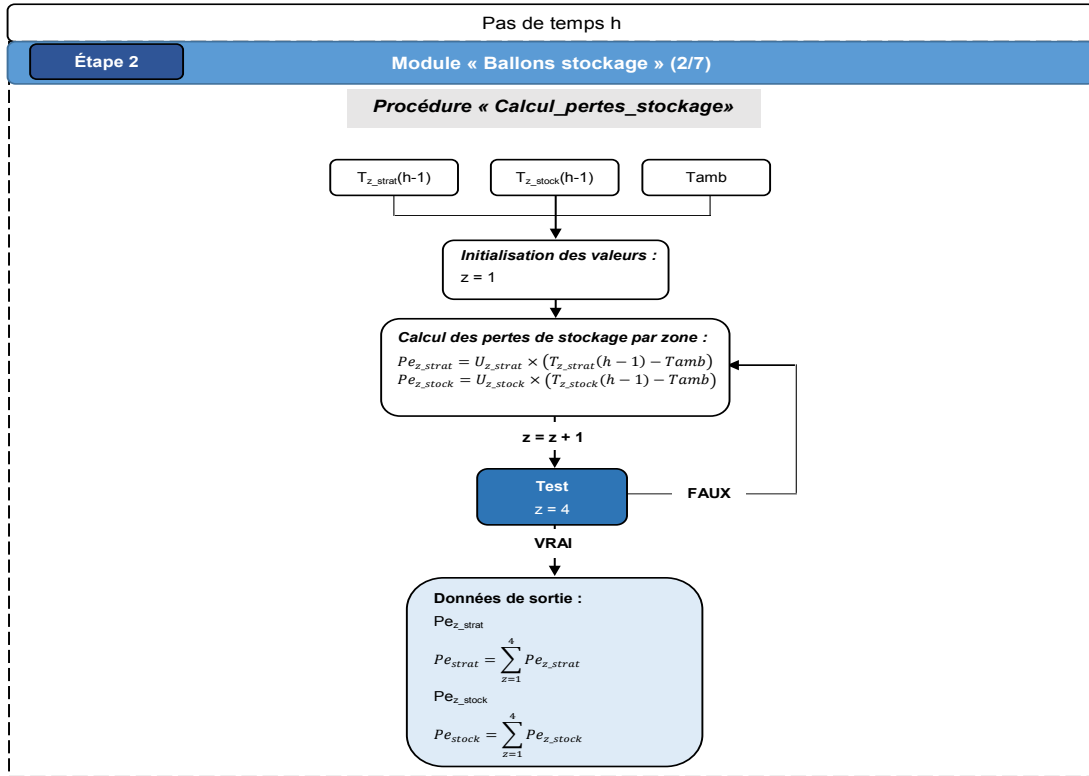
#### 3.3.1 ASSEMBLAGE « PRODUCTION STOCKAGE »



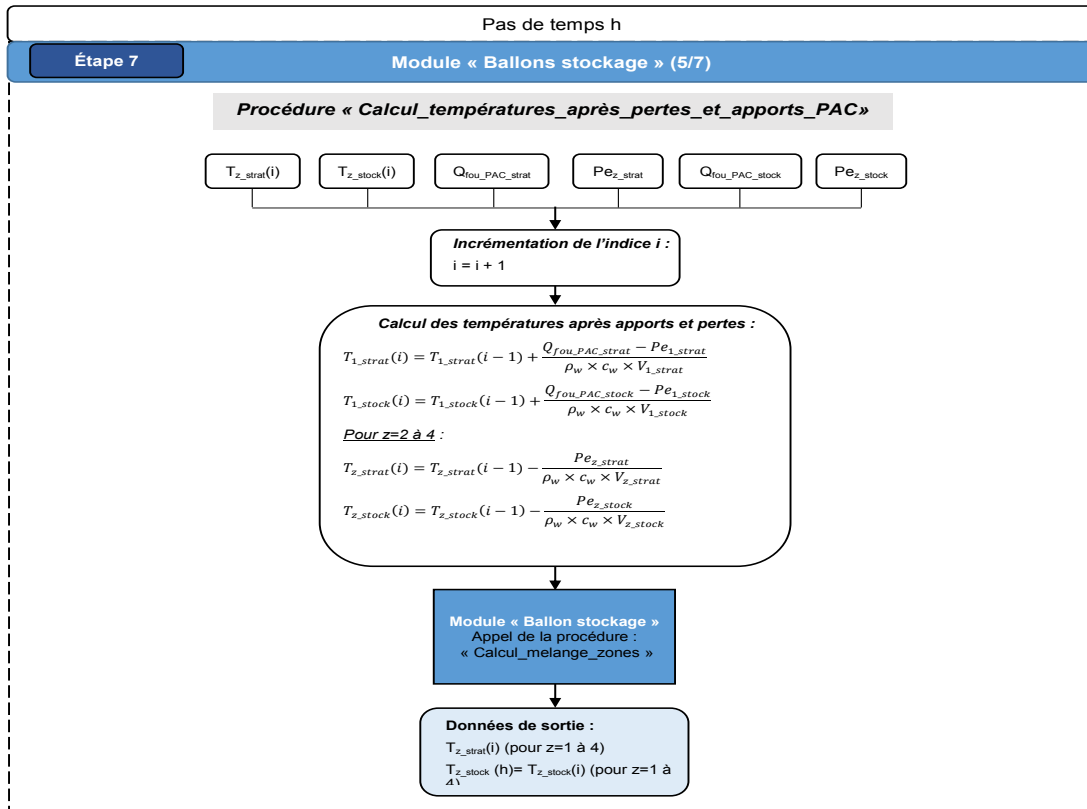
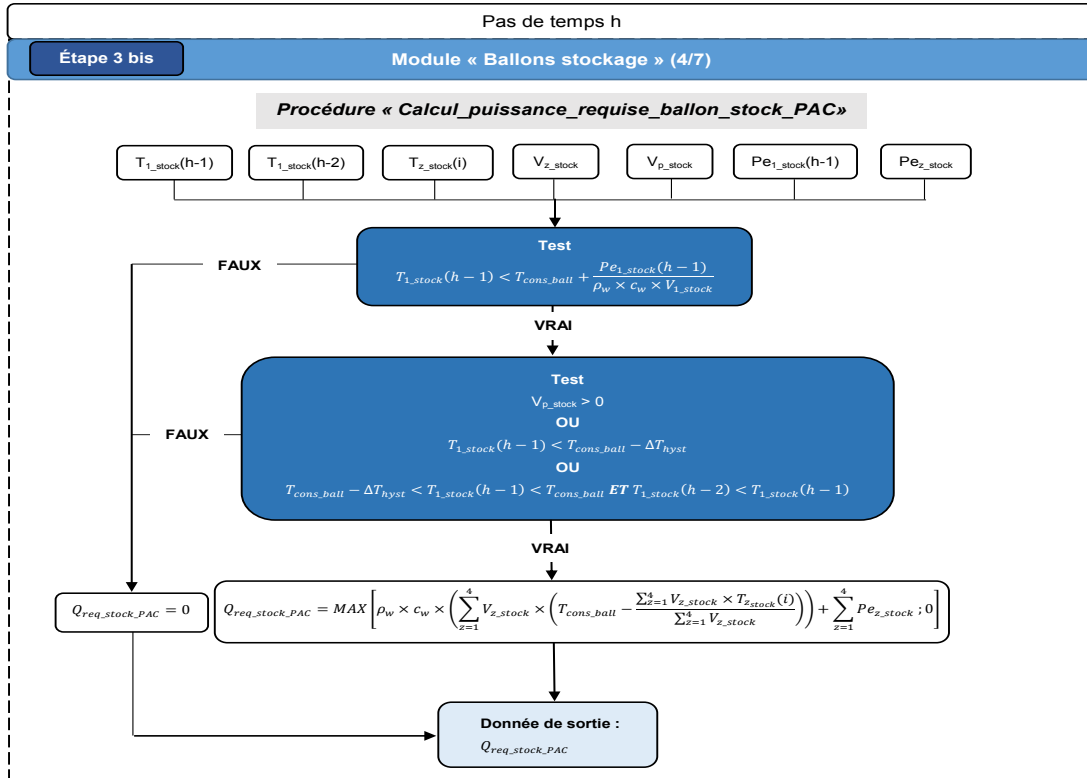


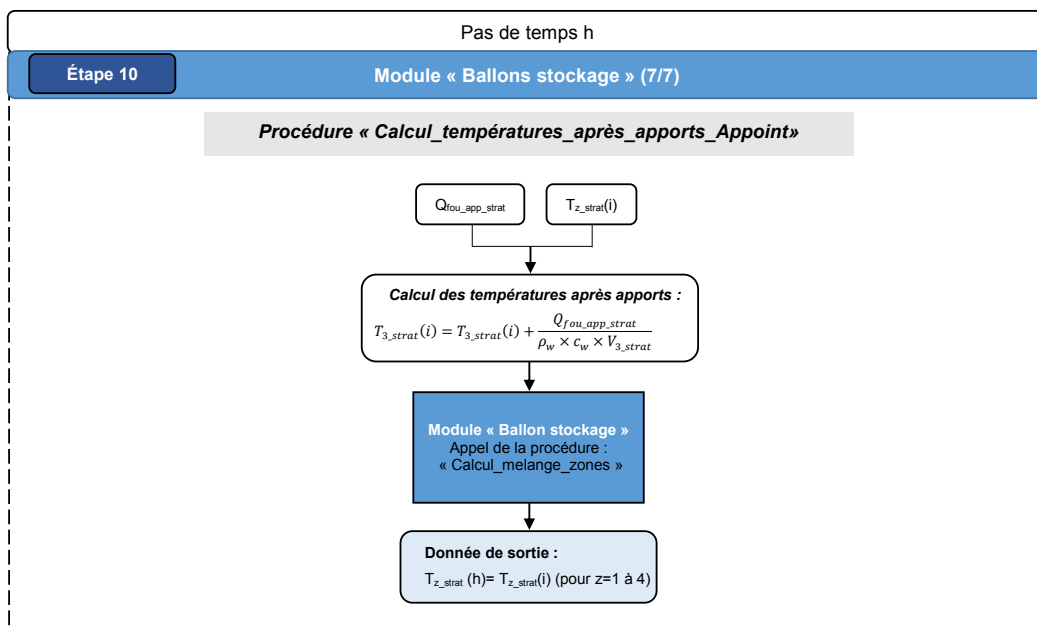
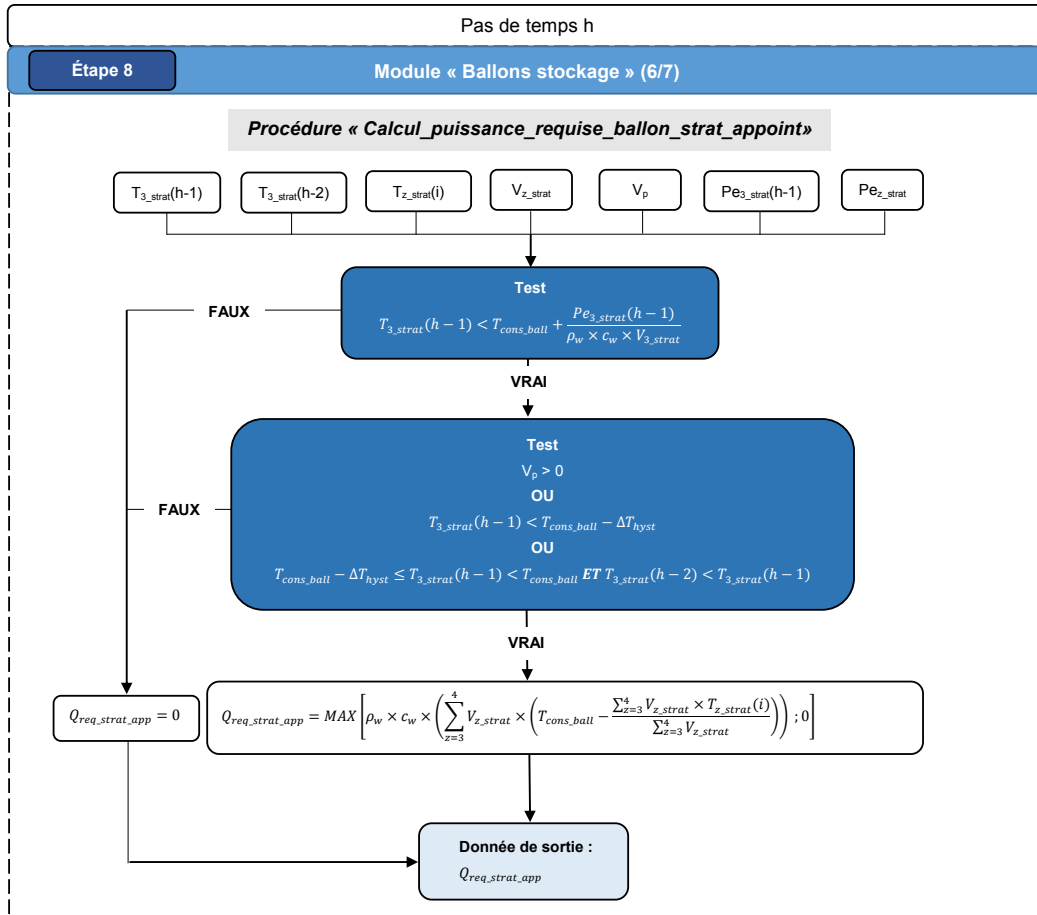
3.3.2 MODULE « BALLONS STOCKAGE »



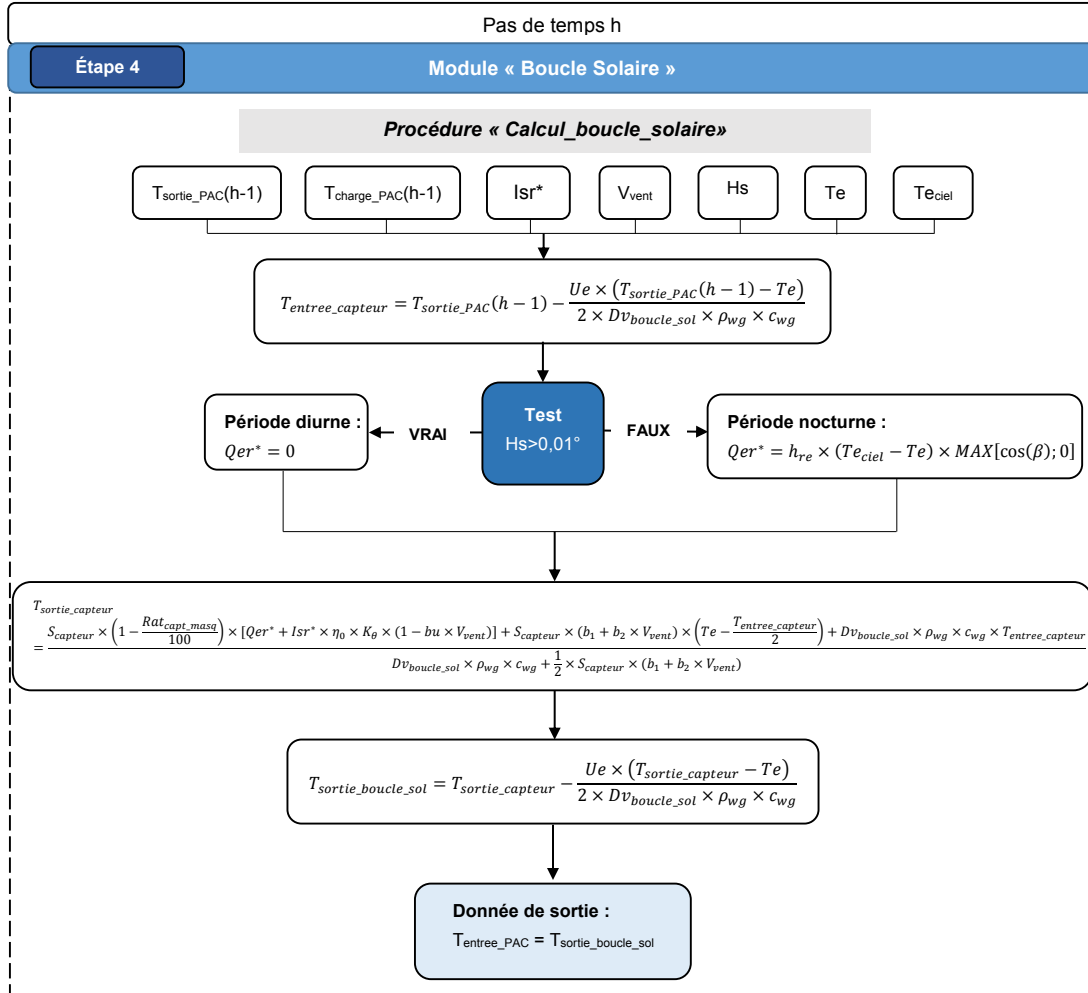




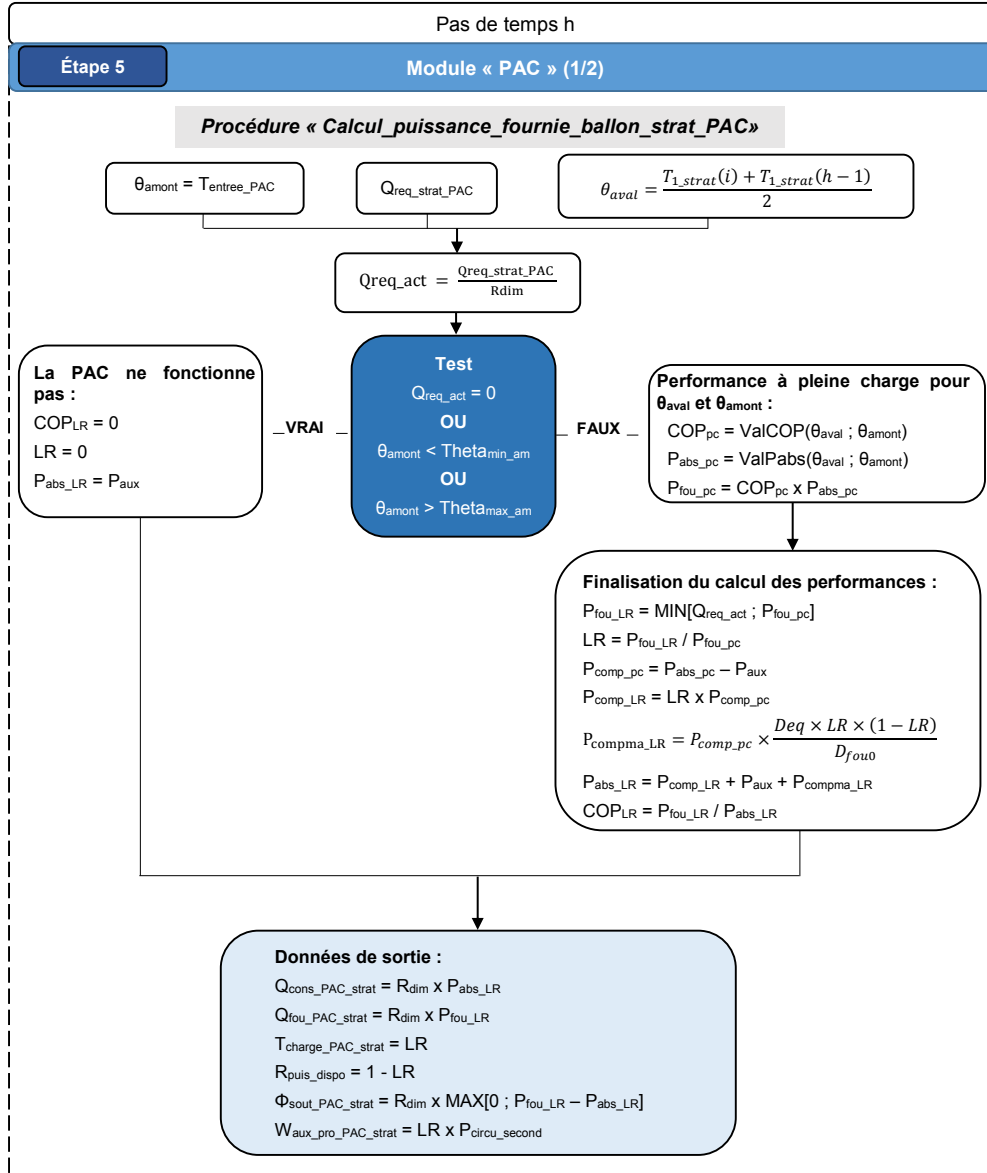


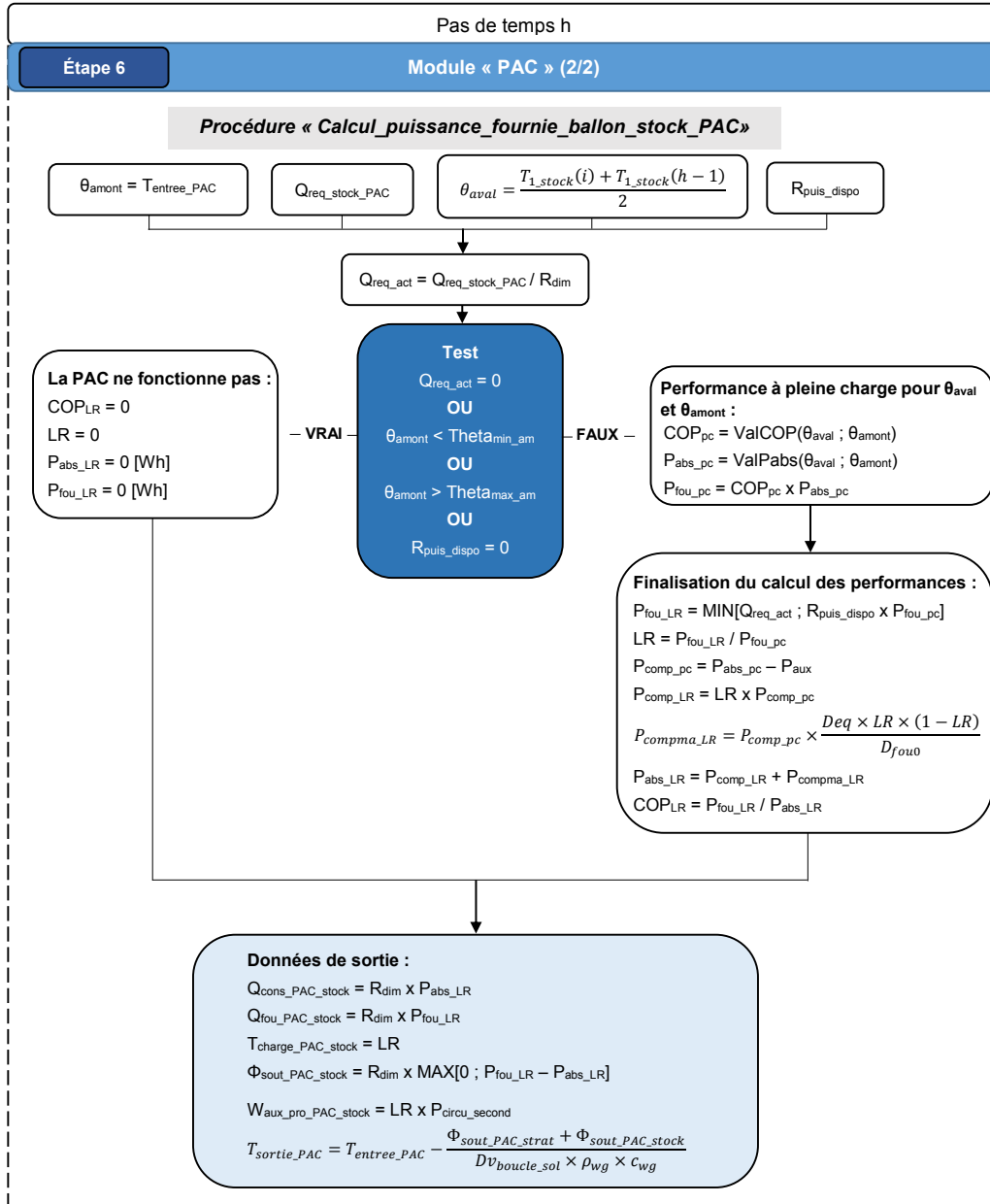


3.3.3 MODULE « BOUCLE SOLAIRE »



3.3.4 MODULE « PAC »





### 3.4 PROCÉDURE D'APPLICATION

#### 3.4.1 HELIOPACSYSTEM® & HELIOPACSYSTEM+®

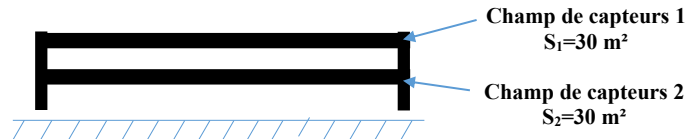
Les caractéristiques à renseigner par l'utilisateur dans le cas d'un projet de construction intégrant une production d'ECS par le système Heliopacsystem® ou Heliopacsystem+® sont les suivantes :

- 1) *Type de système associé au stockage* : Heliopacsystem® (Type\_Systeme=0),
- 2) *Volume total du ballon dit Stratégique* : selon projet ( $V_{tot\_strat}$ ),
- 3) *Statut de la valeur UA\_strat* : selon projet (Statut\_UA\_strat),

Dans le cas où un seul ballon compose le stockage, le coefficient de pertes thermiques total du ballon est réparti sur chacune des zones dites de « Stock » et « Stratégique » au prorata de leur volume. Ces zones sont délimitées par l'emplacement des piquages permettant l'approvisionnement de chaque zone du ballon.

- 4) *Coefficient de pertes thermiques du ballon dit Stratégique* : selon projet (UA\_strat),
- 5) *Volume total du ballon dit Stock* : selon projet ( $V_{tot\_stock}$ ),
- 6) *Statut de la valeur UA\_stock* : selon projet (Statut\_UA\_stock),
- 7) *Coefficient de pertes thermiques du ballon dit Stock* : selon projet (UA\_stock),
- 8) *Superficie totale de capteurs solaires (superficie d'entrée)* : selon projet ( $S_{capteur}$ ),
- 9) *Pourcentage de la surface totale de capteurs masquée en permanence* : selon projet ( $Rat_{capt\_masq}$ ),

Ce paramètre permet la modélisation du cas où deux champs de capteurs sont installés en superposition. La figure ci-dessous schématise un exemple de cette configuration dans le cas où les deux champs sont de mêmes dimensions :



Le champ de capteurs noté 2 est alors masqué par le champ de capteurs noté 1 et ce quelle que soit l'heure de la journée ou la hauteur du soleil. Dans cet exemple, le paramètre caractérisant ce masquage permanent,  $Rat_{capt\_masq}$ , se calcule de la manière suivante :

$$Rat_{capt\_masq} = \frac{S_2}{S_1 + S_2} = \frac{30}{60} = 50\%$$

- 10) *Coefficient de pertes thermiques de la tuyauterie vers l'extérieur* : selon projet ( $U_e$ )
- 11) *Facteur d'angle d'incidence* : suivant modèle, se référer au certificat ou avis technique en vigueur ( $K_\theta$ ),
- 12) *Orientation des capteurs solaires sous forme d'angle* : selon projet (Alpha),
- 13) *Inclinaison des capteurs solaires* : selon projet (Beta),
- 14) *Rendement optique du capteur* : suivant modèle, se référer au certificat ou avis technique en vigueur ( $\eta_0$ ),

- 15) *Coefficient de dépendance au vent du rendement optique* : suivant modèle, se référer au certificat ou avis technique en vigueur (bu),
- 16) *Coefficient de pertes du premier ordre du capteur* : suivant modèle, se référer au certificat ou avis technique en vigueur (b<sub>1</sub>)
- 17) *Coefficient de dépendance au vent du coefficient de pertes* : suivant modèle, se référer au certificat ou avis technique en vigueur (b<sub>2</sub>),  

Dans le cas d'une association des solutions Heliopacsystem et Heliopacsystem+, les caractéristiques techniques à considérer pour la partie captage thermique sont celles du capteur présentant la moins bonne performance, la surface à renseigner est la surface d'entrée totale des capteurs (thermiques + PVT).

Dans le cas d'une association de champs de capteur inclinés, orientés ou ombragés de manière différente, la configuration à retenir pour l'ensemble est celle aboutissant à la consommation conventionnelle pour le poste ECS la plus défavorable.
- 18) *Puissance du circulateur de la boucle solaire (entre PAC et capteurs)* : selon projet (P<sub>circu\_prim</sub>),
- 19) *Nombre de Solerpac identiques associées au stockage* : selon projet (R<sub>dim</sub>),
- 20) *Statut des performances COP\_pivot et COP\_10\_65* : suivant modèle (Statut\_Performances),
- 21) *Valeur pivot du COP à +10/45°C* : suivant modèle, se référer au certificat de performance ou PV d'essai en vigueur (COP\_pivot),
- 22) *Valeur pivot de la puissance électrique absorbée à +10/45°C* : suivant modèle, se référer au certificat de performance ou PV d'essai en vigueur (Pabs\_pivot),
- 23) *Valeur du COP à +10/65°C* : suivant modèle, se référer au certificat de performance ou PV d'essai en vigueur (COP\_10\_65),
- 24) *Valeur de la puissance électrique absorbée à +10/65°C* : suivant modèle, se référer au certificat de performance ou PV d'essai en vigueur (Pabs\_10\_65),
- 25) *Part de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale* : suivant modèle, se référer au certificat de performance ou PV d'essai en vigueur (T<sub>aux</sub>),
- 26) *Puissance du circulateur pour le circuit secondaire (entre PAC et ballons)* : selon projet (P<sub>circu\_second</sub>).

Un appoint doit systématiquement être associé au système. Cet appoint peut être par exemple de type résistance électrique ou de type hydraulique par un générateur à combustion ou réseau de chaleur. Il est modélisé au niveau du moteur de calcul RT2012 en tant que « Source\_ballon\_appoint ».

Remarque : dans le cas du système Heliopacsystem+<sup>®</sup>, la modélisation de la production d'électricité photovoltaïque n'est pas prise en compte dans le cadre du présent arrêté. Cette production sera prise en compte grâce à la modélisation du champ de capteurs dans la méthode de calcul Th-BCE 2012, et conformément à cette méthode.

### 3.4.2 GEOPACSYSTEM®

Les caractéristiques à renseigner par l'utilisateur dans le cas d'un projet de construction intégrant une production d'ECS par le système Geopacsystem® sont les suivantes :

- 1) *Type de système associé au stockage* : Geopacsystem® (Type\_Systeme=1),
- 2) *Volume total du ballon dit Stratégique* : selon projet ( $V_{tot\_strat}$ ),
- 3) *Statut de la valeur UA\_strat* : selon projet (Statut\_UA\_strat),

Dans le cas où un seul ballon compose le stockage, le coefficient de pertes thermiques total du ballon est réparti sur chacune des zones dites de « Stock » et « Stratégique » au prorata de leur volume. Ces zones sont délimitées par l'emplacement des piquages permettant l'approvisionnement de chaque zone du ballon.

- 4) *Coefficient de pertes thermiques du ballon dit Stratégique* : selon projet (UA\_strat),
- 5) *Volume total du ballon dit Stock* : selon projet ( $V_{tot\_stock}$ ),
- 6) *Statut de la valeur UA\_stock* : selon projet (Statut\_UA\_stock),
- 7) *Coefficient de pertes thermiques du ballon dit Stock* : selon projet (UA\_stock).

Le générateur de base associé à l'extension dynamique doit être une PAC à compression électrique de type Eau / Eau ou Eau glycolée / Eau. Il est modélisé au niveau du moteur de calcul RT 2012 en tant que « Source\_ballon\_base », les performances à renseigner sont, suivant le modèle de PAC retenu, celles indiquées au niveau du certificat de performance en vigueur.

Un appoint doit systématiquement être associé au système. Cet appoint peut être par exemple de type résistance électrique ou de type hydraulique par un générateur à combustion ou réseau de chaleur. Il est modélisé au niveau du moteur de calcul RT2012 en tant que « Source\_ballon\_appoint ».