

ANNEXE

Modalités de prise en compte du système « Ridel^X » dans la réglementation thermique 2012

3. Définition du système

Le système Ridel^X désigne la gamme de récupérateurs de chaleur sur installations frigorifiques (Ridel^{Ref} / Ridel^{Rec} / Ridel^{Cub}, liste non exhaustive) fabriquée et commercialisée par la société RIDEL ENERGY. Il assure la production de l'ECS et éventuellement du chauffage à partir de l'énergie de condensation récupérée sur une installation frigorifique destinée au maintien en température de chambres froides ou process de refroidissement des denrées.

Ce système se compose des principaux éléments suivants :

- Un élément de stockage en eau technique intégrant des échangeurs immergés raccordés au refoulement des compresseurs de l'installation frigorifique.
- Une panoplie hydraulique composée d'un échangeur thermique (immergé ou non) couplé ou non à un circulateur assurant le transfert d'énergie depuis le ballon de stockage en eau technique vers le ballon de stockage en ECS.

Le pincement de l'échangeur thermique situé entre le système Ridel^X et l'élément de stockage ECS doit être inférieur ou égal à 3 K.

Un appoint est systématiquement associé au système et permet d'assurer, suivant la fonctionnalité retenue, le complément d'énergie nécessaire à la production de l'ECS et/ou du chauffage. Cet appoint peut être de type résistance électrique ou de type hydraulique.

4. Champ d'application

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

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

5.1 NOMENCLATURE DU MODÈLE

5.1.1 ASSEMBLAGE "PRODUCTION STOCKAGE"

Entrées¹

¹ Valeurs opérées par d'autres modules

Nom	Description	Unité	Intervalle ²	Def ³
$Te(h)$	Température extérieure d'air sec	°C	-	-
$Tamb(h)$	Température d'ambiance du local où se trouve la génération	°C	-	-
$Q_{req_ecs}(h)$	Demande en énergie en ECS transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh	-	-
Tch_max^{gen}	Température maximale des réseaux de distribution intergroupe de chauffage connectés à la génération gen.	°C	-	-
$Q_{req_ch}(h)$	Demande en énergie en chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh	-	-
$id_{fonction}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS	Ent.	[1;3]	-
id_{Ecs_seul}	Indicateur de production d'ECS seule	Ent.	-	-

Paramètres du module⁴

Nom	Description	Unité	Intervalle ⁵	Def
<i>Name</i>	Nom du composant	-	-	-
<i>Index</i>	Identifiant unique d'un composant (Voir nomenclatures « Ballon stockage » et « Récupérateur d'énergie »)	Ent.	[0;+∞[-

Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Q_{fou}(h)$	Énergie totale effectivement fournie par les générateurs	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;+∞[-
$\{Q_{ceff(fonct..en.)}\}(h)$	Consommation en énergie finale de l'assemblage, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes, les colonnes aux différentes	Wh	[0;+∞[-

² 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.).

³ Valeur par défaut

⁴ Rentrés par l'utilisateur

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

sources d'énergie.

$\Phi_{VC}(h)$	Pertes thermiques transmises vers l'ambiance	Wh	$[0;+\infty[$	-
$W_{aux_pro}(h)$	Consommation des auxiliaires de l'assemblage	Wh	$[0;+\infty[$	-
$Q_{pr_elec}(h)$	Production électrique de l'assemblage	Wh	$[0;+\infty[$	0

Variables internes⁶

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
Id_{jou_gen}	Fonction du générateur compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent.	$[0;5]$	4
Id_{Fluide_aval}	Identificateur du fluide aval : 1 : Eau 2 : Air	Ent.	$[1;2]$	1
$Id_{priorite_ecs}$	Indice de priorité de l'assemblage pour la production d'ECS	Ent.	$[1; +\infty[$	1
$Id_{priorite_ch}$	Indice de priorité de l'assemblage pour la production de chauffage	Ent.	$[1; +\infty[$	1
(Voir nomenclatures « Ballon stockage » et « Récupérateur d'énergie »)				

Constantes⁷

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
(Voir nomenclatures « Ballon stockage » et « Récupérateur d'énergie »)				

5.1.2 MODULE "BALLON STOCKAGE"

Entrées⁸

Nom	Description	Unité	Intervalle ⁹	Def ¹⁰
$Q_{jou_sto_recup}(h)$	Énergie totale fournie au ballon par le système de récupération d'énergie (Voir nomenclature de l'assemblage)	Wh	-	-

⁶ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

⁷ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

⁸ Valeurs opérées par d'autres modules

⁹ 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.).

¹⁰ Valeur par défaut

Paramètres du module¹¹

Nom	Description	Unité	Intervalle ¹²	Def
<i>Fonct_Systeme</i>	Fonctions assurées par le système : 0:ECS 1:Chauffage et ECS	Ent.	[0;1]	-
<i>P_{ech_ecs}</i>	Puissance nominale de l'échangeur raccordé au ballon ECS	kW]0;+∞[-
<i>V_{tot}</i>	Volume total du ballon de stockage	L]0;+∞[-
<i>Statut-UA</i>	Statut de la valeur UA du ballon de stockage	Ent.	[0;2]	-
<i>UA</i>	Coefficient de pertes thermiques du ballon de stockage	W/K]0;+∞[-
<i>P_{circu_ecs}</i>	Puissance du circulateur situé entre le ballon de stockage en eau technique et l'échangeur	W]0;+∞[-

Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
<i>Q_{w_sto_unit_report}(h)</i>	Besoin d'énergie en ECS non couvert en sortie du ballon	Wh]0;+∞[-
<i>Q_{rest_ch}(h)</i>	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh]0;+∞[-
<i>Q_{req_sto_recup}(h)</i>	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par le système de récupération	Wh]0;+∞[-
<i>T_z(h)</i>	Champ de température dans le ballon de stockage au pas de temps courant	C°	-	-
<i>T_z(i)</i>	Champ de température dans le ballon de stockage lors de l'itération i	C°	-	-
<i>Pe(h)</i>	Pertes thermiques totales du ballon de stockage	Wh]0;+∞[-

Variables internes¹³

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
<i>UA_utile</i>	Coefficient de pertes thermiques du ballon de stockage corrigé suivant son statut	W/K]0;+∞[-
<i>Nb_iter</i>	Nombre maximum d'itérations de la boucle	Ent.	-	-
<i>i</i>	Numéro de l'itération en cours	Ent.	-	-

¹¹ Rentrés par l'utilisateur

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

¹³ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

$Q_{w_sto_unit}(i)$	Besoins d'énergie requis en ECS en sortie du ballon de stockage lors de l'itération i	Wh	$[0;+\infty[$	-
$Q_{sto_fou_ecs}(h)$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer la production de l'ECS	Wh	$[0;+\infty[$	-
$Q_{sto_dispo_ch}(h)$	Energie disponible au niveau du ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	$[0;+\infty[$	-
$Q_{sto_fou_ch}(h)$	Energie effectivement fournie par le ballon de stockage pour assurer le chauffage	Wh	$[0;+\infty[$	-
z	Numéro de la zone du ballon de stockage	Ent.	$[1;4]$	-
V_z	Volume de chaque zone "z" du ballon de stockage	L	$[0;+\infty[$	-
V_{z_min}	Volume de la zone la plus petite du ballon de stockage	L	$[0;+\infty[$	-
$V_{p_eq}(i)$	Volume puisé équivalent lors de l'itération i	L	$[0;V_{z_min}[$	-
$P_{ech_dispo_ecs}$	Puissance disponible au niveau de l'échangeur raccordé au ballon ECS	kW	$]0;+\infty[$	-
$Pe_z(h)$	Pertes thermiques de la zone "z" du ballon de stockage	Wh	$[0;+\infty[$	-
T_{cons_sto}	Température de consigne du ballon de stockage pour la zone $z=1$	°C	-	60
ΔT_{ech}	Ecart de température nominal entre entrée et sortie de l'échangeur raccordé au ballon ECS	K	-	3,0

Constantes¹⁴

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

5.1.3 MODULE "RÉCUPÉRATEUR D'ÉNERGIE"

Entrées¹⁵

Nom	Description	Unité	Intervalle ¹⁶	Def ¹⁷
H_{leg}	Heure légale	h	$[0;23]$	-
IMOIS	Numéro du mois	Ent.	$[1;12]$	-

¹⁴ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

¹⁵ Valeurs opérées par d'autres modules

¹⁶ 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 debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [......] etc.).

¹⁷ Valeur par défaut

$Q_{req_sto_recup}(h)$	Énergie requise à fournir au ballon de stockage par le système de récupération	Wh	-	-
$Q_{rest_ch}(h)$	Énergie restant à fournir en chauffage (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	-	-
(Voir nomenclature de l'assemblage « Production stockage »)				

Paramètres du module¹⁸

Nom	Description	Unité	Intervalle ¹⁹	Def
$P_{cond_fr_pos}$	Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température positive raccordées au système de récupération d'énergie	kW	[0; +∞[-
$P_{cond_fr_neg}$	Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température négative raccordées au système de récupération d'énergie	kW	[0; +∞[-

Sorties

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Q_{fou_sto_recup}(h)$	Énergie fournie au ballon de stockage par le système de récupération d'énergie	Wh	[0; +∞[-

Variables internes²⁰

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
$Mod_fr_pos_h(h)$	Coefficient de modulation horaire de la puissance de condensation disponible pour les chambres froides positives	-	[0;1]	-
$Mod_fr_neg_h(h)$	Coefficient de modulation horaire de la puissance de condensation disponible pour les chambres froides négatives	-	[0;1]	-
$Mod_fr_m(IMOIS)$	Coefficient de modulation mensuel de la puissance de condensation disponible	-	[0;1]	-
$P_{cond_dispo}(h)$	Puissance de condensation disponible au récupérateur	W	[0; +∞[-

Constantes²¹

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
-----	-------------	-------	------------	-----

¹⁸ Rentrés par l'utilisateur

¹⁹ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématiquement fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...], etc.).

²⁰ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

²¹ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

5.2 INITIALISATION DES PARAMÈTRES DE CALCUL

5.2.1 MODULE "BALLON STOCKAGE"

5.2.1.1 Volumes V_z et $V_{z_{\min}}$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = \frac{V_{tot}}{4} \quad (1)$$

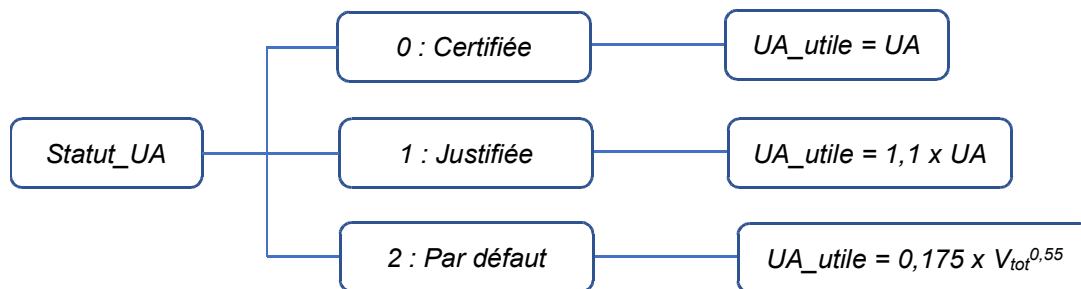
Le volume de la plus petite zone est alors :

$$V_{z_m \in i} = \text{MIN} \left[[V_z] \right]_i \quad (2)$$

5.2.1.2 Nombre d'itération Nb_{iter} pour le calcul par boucle

$$Nb_{iter} = \text{Arrondi.inf} \left[\frac{V_{tot}}{V_{z_{\min}}} \right] \quad (3)$$

5.2.1.3 Coefficients de pertes thermiques U_z



Pour $z=1$ à 4 :

$$U_z = \frac{UA_{utile} \times V_z}{V_{tot}} \quad (4)$$

5.2.1.4 Températures T_z

Au premier pas de temps, l'eau technique contenue au niveau du stockage est considérée aux températures suivantes :

Pour $z=1$ à 4 :

$$T_z(h-1) = T_z(h) = T_{cons_{sto}} \quad (5)$$

5.2.1.5 Pertes thermiques Pe_z et Pe

Au premier pas de temps les pertes thermiques sont calculées par zone à partir des températures initialisées précédemment :

Pour $z=1$ à 4 :

$$Pe_z = U_z \times (T_z(h) - Tamb) \quad (6)$$

$$Pe = \sum_{z=1}^4 Pe_z \quad (7)$$

5.2.2 MODULE « RÉCUPÉRATEUR D'ÉNERGIE »

5.2.2.1 Modulation horaire de la puissance de condensation disponible

La puissance de condensation disponible au récupérateur est modulée suivant l'heure légale de la manière suivante :

H_{leg}	Coefficients de modulation	
	Mod_fr_pos_h	Mod_fr_neg_h
0	0,2	0,5
1	0,2	0,5
2	0,2	0,5
3	0,2	0,5
4	0,2	0,5
5	0,4	0,6
6	0,4	0,6
7	0,7	0,7
8	0,8	0,8
9	1	0,8
10	1	0,9
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	1
15	0,9	1
16	0,8	1
17	0,7	0,9
18	0,6	0,9
19	0,5	0,8
20	0,4	0,7
21	0,2	0,6
22	0,2	0,5
23	0,2	0,5

5.2.2.2 Modulation mensuelle de la puissance de condensation disponible

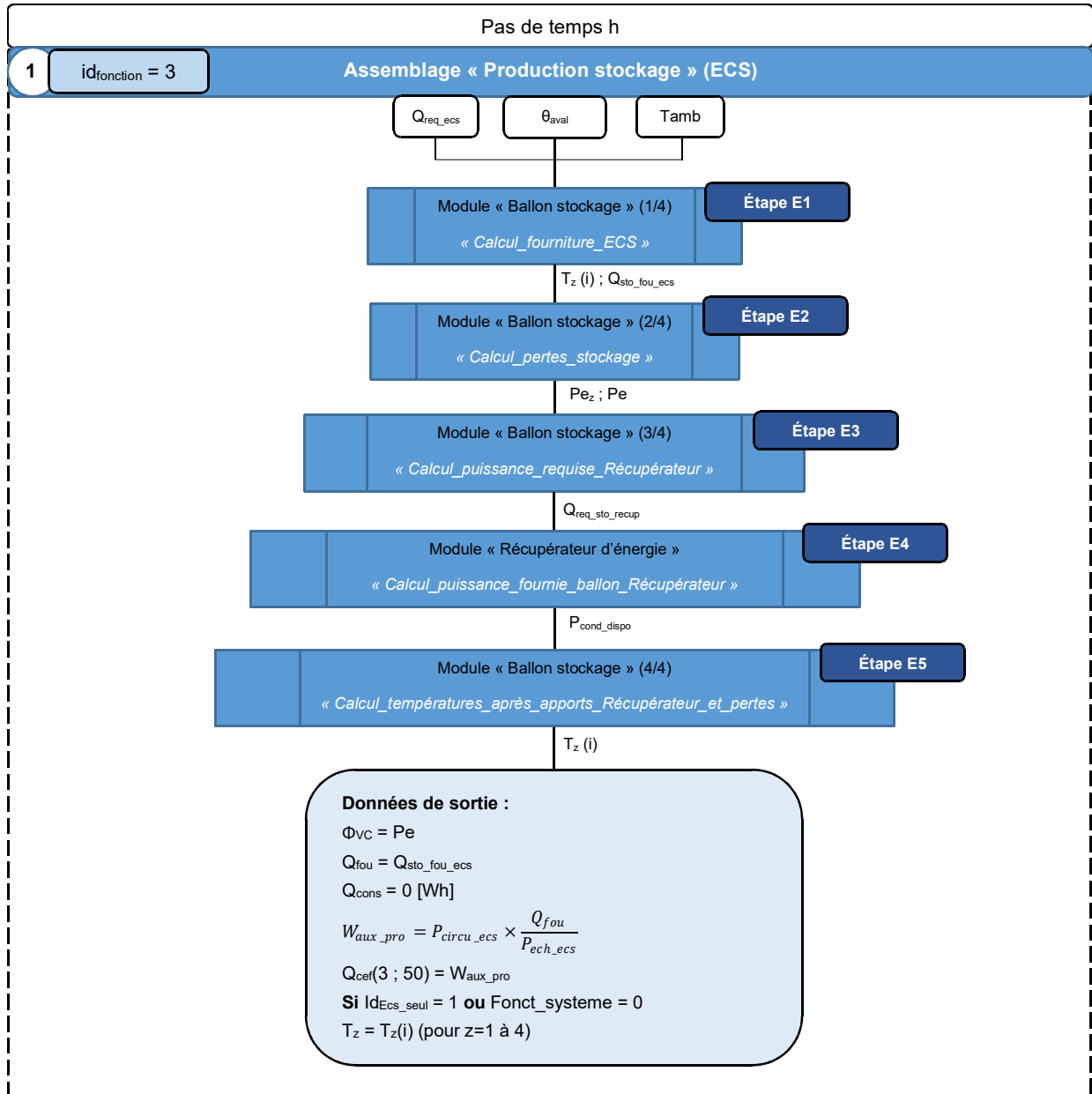
La puissance de condensation disponible au récupérateur est modulée suivant le mois de l'année de la manière suivante :

IMOIS	Mod_fr_m
Janvier	0,7
Février	0,7
Mars	0,7
Avril	0,8
Mai	0,9
Juin	1
Juillet	1
Août	1
Septembre	0,9
Octobre	0,8
Novembre	0,7
Décembre	0,7

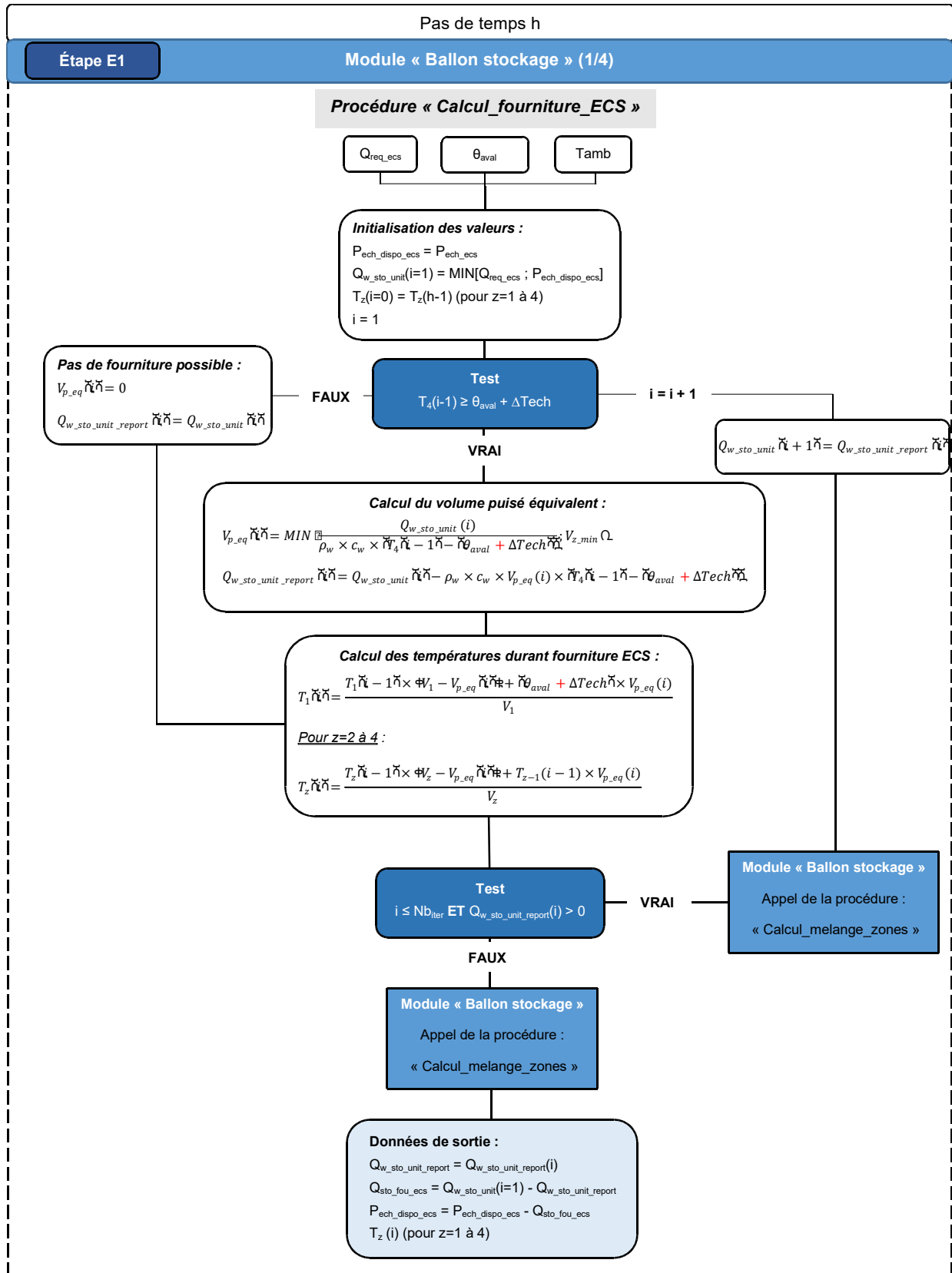
5.3 ALGORITHME DE PRISE EN COMPTE AU PAS HORAIRE

5.3.1 FONCTIONNEMENT EN MODE ECS

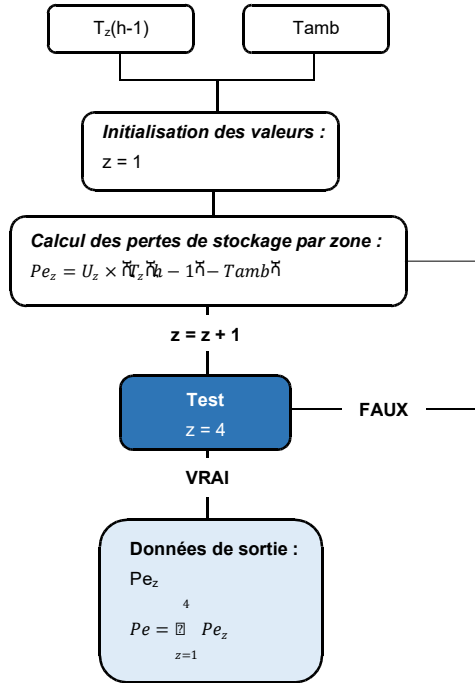
5.3.1.1 Assemblage « Production stockage »



5.3.1.2 Module « Ballon stockage »



Procédure « Calcul_pertes_stockage »

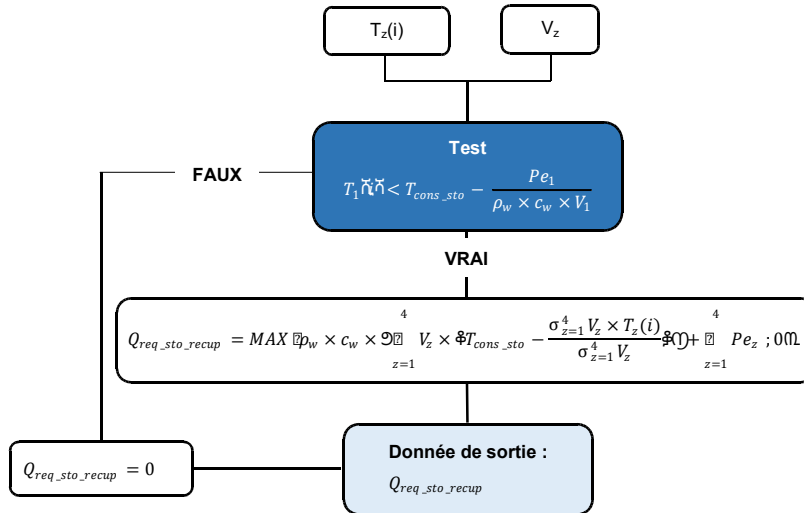


Pas de temps h

Étape E3

Module « Ballon stockage » (3/4)

Procédure « Calcul_puissance_requise_Récupérateur »

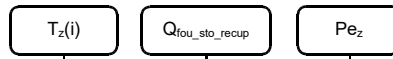


Pas de temps h

Étape E5

Module « Ballon stockage » (4/4)

Procédure « Calcul températures après apports_Récupérateur_et_pertes »



Incrémentation de l'indice i :
 $i = i + 1$

Calcul des températures après apports et pertes :

$$T_1 \checkmark \checkmark = T_1 \checkmark - 1 \checkmark + \frac{Q_{fou_sto_recup} - P_{e_1}}{\rho_w \times c_w \times V_1}$$

Pour $z=2$ à 4 :

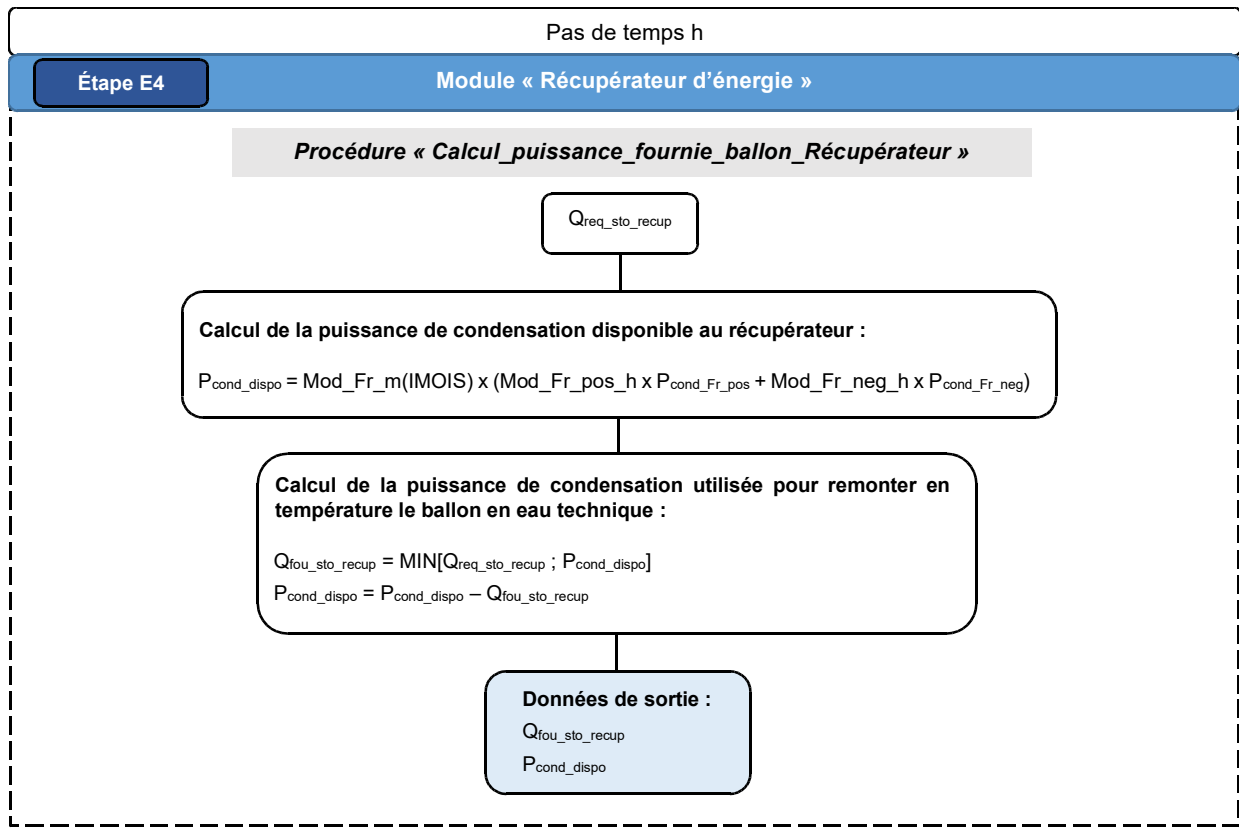
$$T_z \checkmark \checkmark = T_z \checkmark - 1 \checkmark - \frac{P_{e_z}}{\rho_w \times c_w \times V_z}$$

Module « Ballon stockage »

Appel de la procédure :
« Calcul_melange_zones »

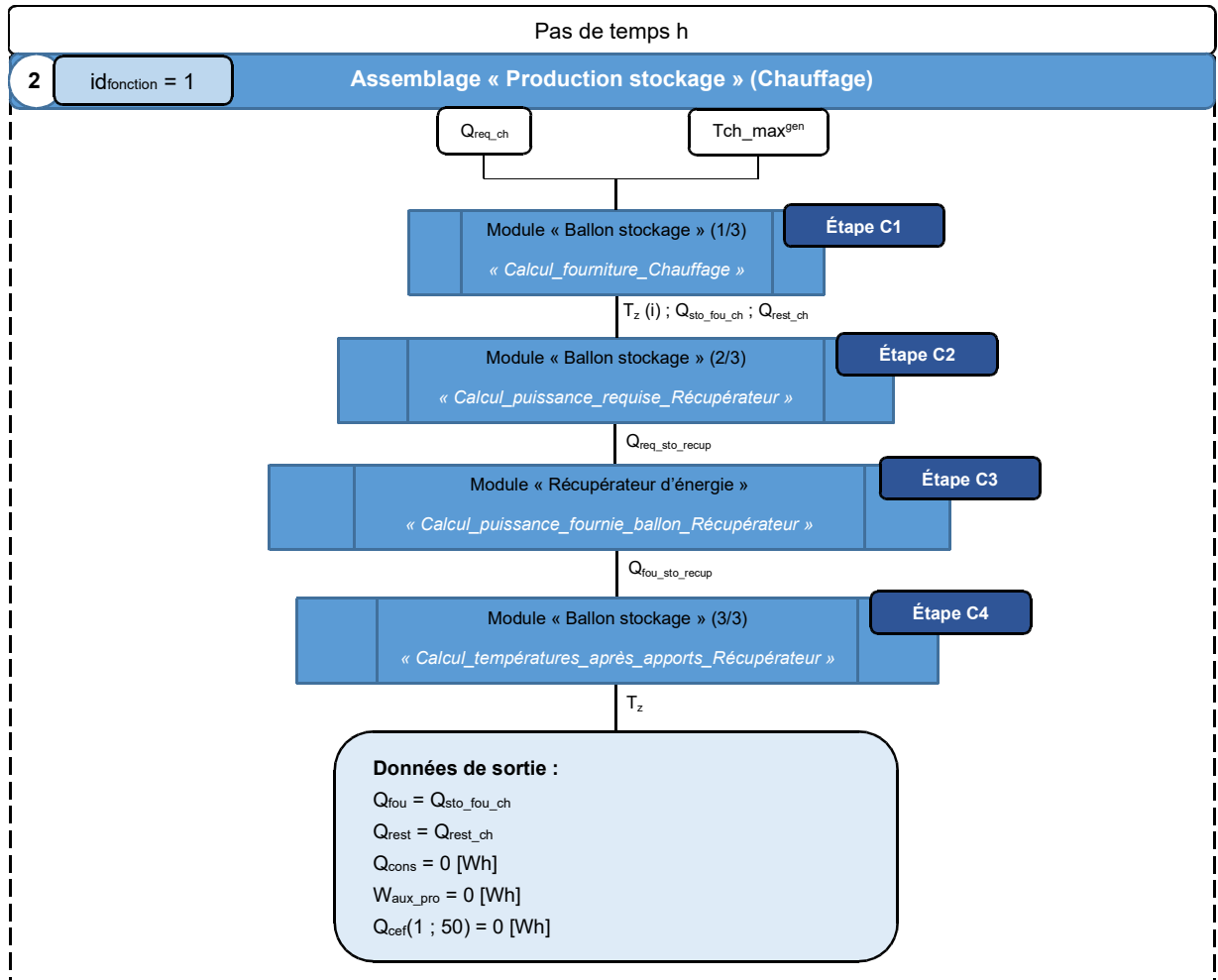
Données de sortie :
 $T_z(i)$ (pour $z=1$ à 4)

5.3.1.3 Module « Récupérateur d'énergie »

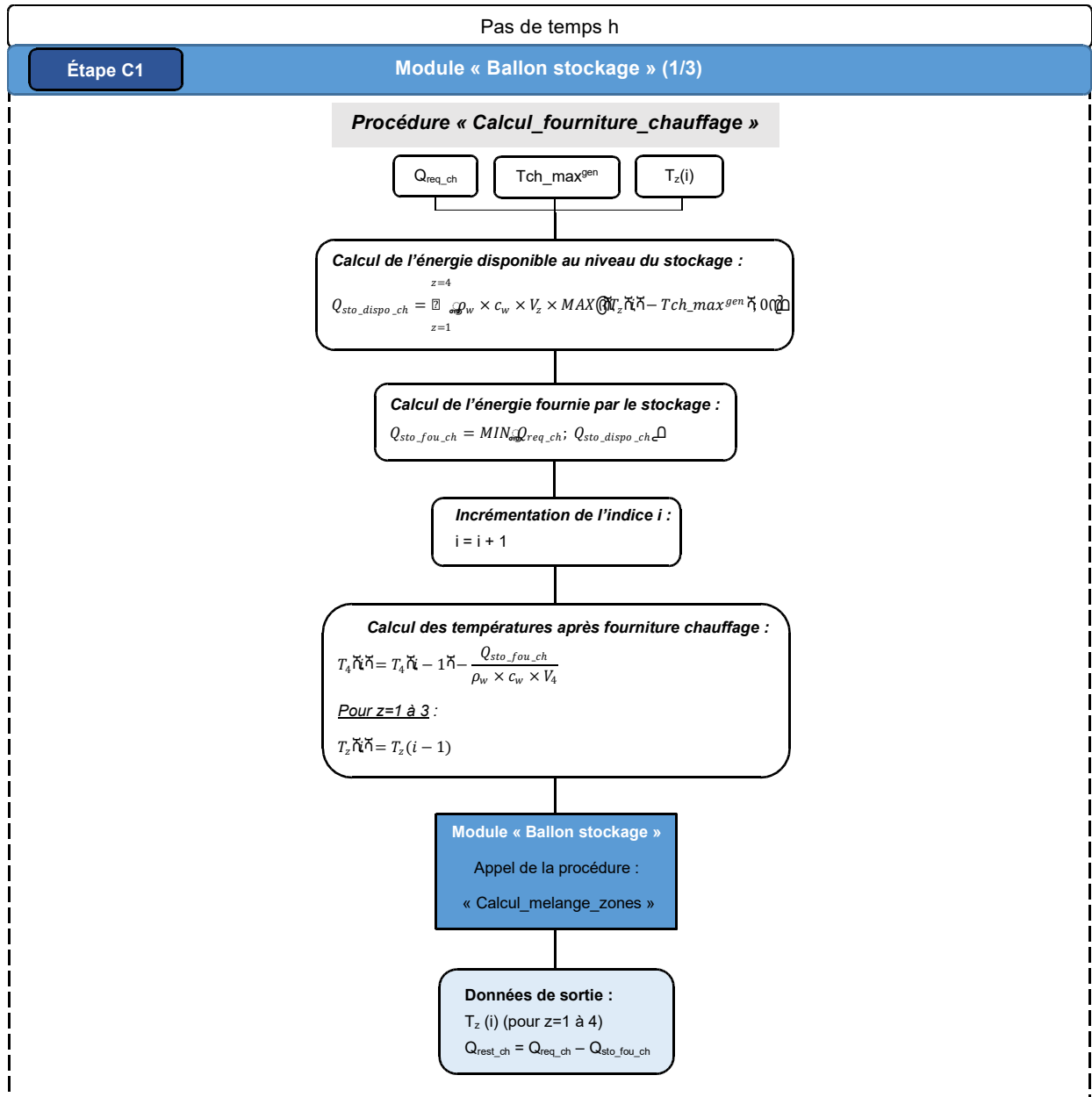


5.3.2 FONCTIONNEMENT EN MODE CHAUFFAGE (SI FONCT_SYSTEME = 1)

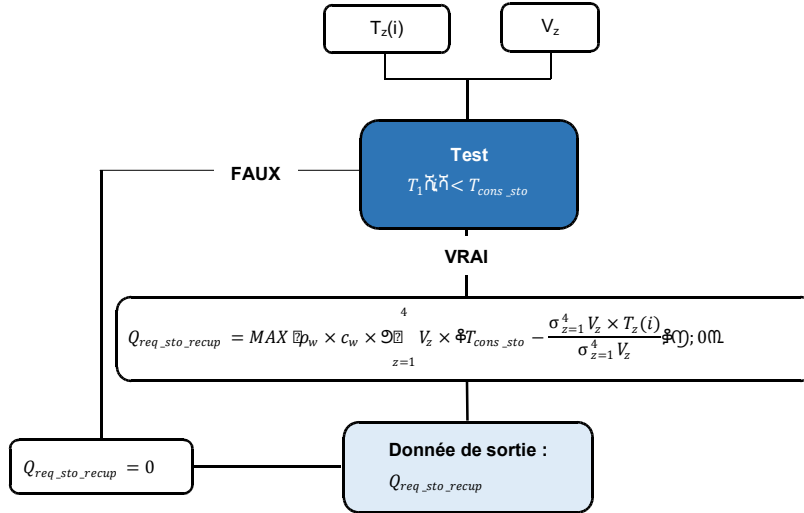
5.3.2.1 Assemblage « Production stockage »



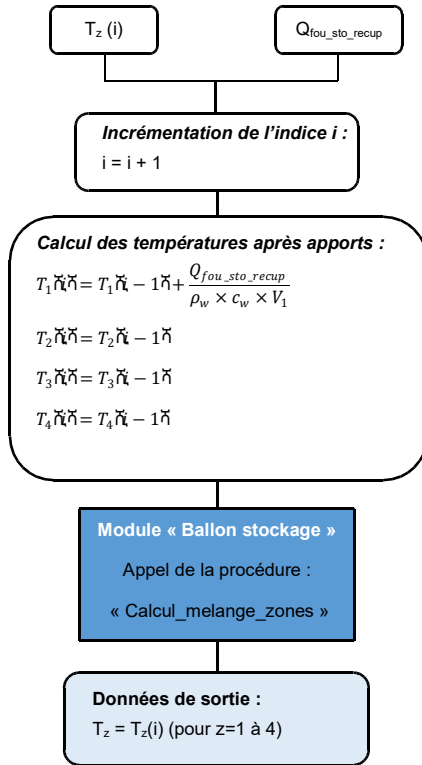
5.3.2.2 Module « Ballon stockage »



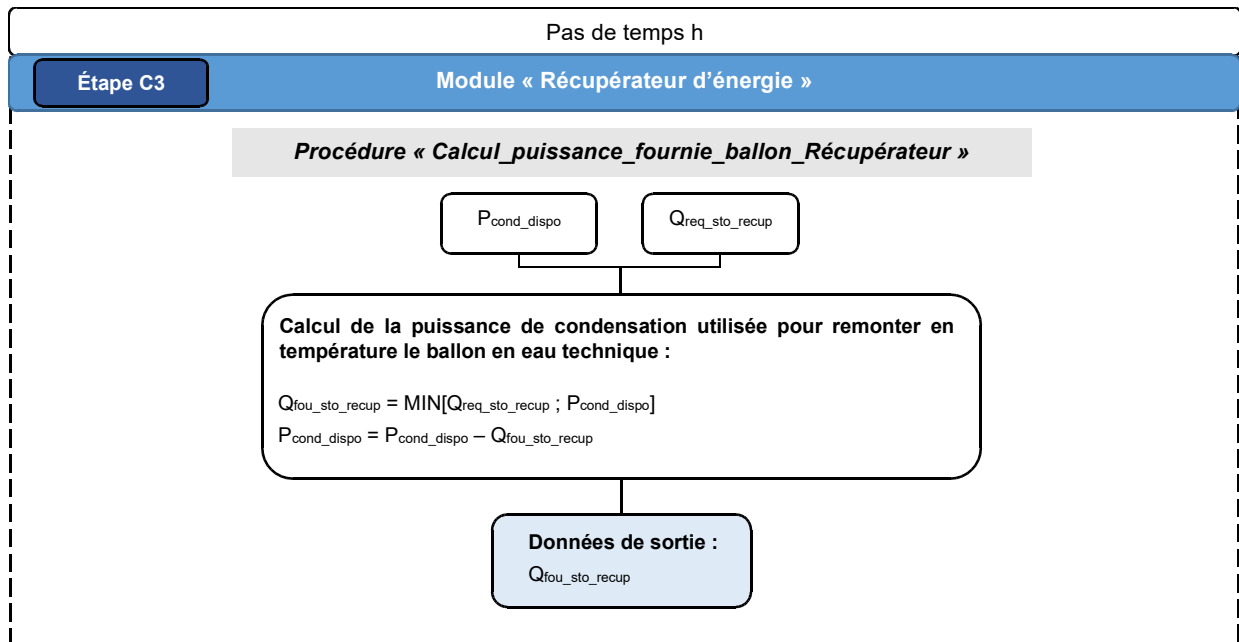
Procédure « Calcul_puissance_requise_Récupérateur »



Procédure « Calcul_températures_après_apports_Récupérateur »



5.3.2.3 Module « Récupérateur d'énergie »



5.4 PROCÉDURE D'APPLICATION

Selon le dimensionnement du système, le composant « Ridel^X » peut être intégré en tant que base au sein d'un des assemblages suivants :

- « Assemblage ballon base avec échangeur et appoint intégré »,
- « Assemblage ballon base avec échangeur et avec appoint ballon séparé »,
- « Assemblage ballon base plus appoint séparé instantané ».

Les caractéristiques à renseigner par l'utilisateur dans le cas d'un projet de construction intégrant le système Ridel^X sont les suivantes :

- Ballon de stockage en eau technique :

- 1) *Fonctions assurées par le système* : selon projet (Fonct_Systeme),
- 2) *Puissance nominale de l'échangeur raccordé au ballon ECS* : selon projet (P_{ech_ecs}),
- 3) *Volume total du ballon de stockage* : selon projet (V_{tot}),
- 4) *Statut de la valeur UA du ballon de stockage* : selon projet (Statut_UA),
- 5) *Coefficient de pertes thermiques du ballon de stockage (si Statut_UA≠2)* : selon projet (UA),
- 6) *Puissance du circulateur situé entre le ballon de stockage en eau technique et l'échangeur* : selon projet (P_{circu_ecs}).

- Récupérateur d'énergie :

- 1) *Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température positive raccordées au système de récupération d'énergie* : selon projet ($P_{cond_fr_pos}$),
 - 2) *Puissance de condensation totale des installations frigorifiques à température négative raccordées au système de récupération d'énergie* : selon projet ($P_{cond_fr_neg}$).
-