

Référentiel « Energie – Carbone » pour les  
bâtiments neufs – Méthode d'évaluation de la  
performance énergétique et environnementale des  
bâtiments neufs

Annexe - Fiches algorithmes

Version 3.1

## INTRODUCTION

Le référentiel E+C- prévoit le calcul de nouveaux indicateurs de performance énergétique et de confort d'été, en plus des indicateurs de la RT2012 que sont le Bbio, Cep, Tic et l'Aepénr.

La méthode Th-BCE décrit l'ensemble des fiches algorithmes permettant de calculer ces indicateurs RT2012, selon une approche au pas de temps horaire sur une année.

Le présent document se positionne comme un complément propre au contexte du label E+C- à cette méthode Th-BCE. Il regroupe les fiches algorithmes supplémentaires dédiées au calcul des nouveaux indicateurs de performance énergétique définis dans le référentiel, toujours dans une approche au pas de temps horaire.

Ainsi, pour chacune des fiches algorithmes, une partie des données d'entrée sont des données de sortie issues de la méthode Th-BCE.

*Note : aucune de ces fiches algorithmes ne modifie le calcul des indicateurs RT2012, qui restent indépendants.*

*Note : Les algorithmes présentés ci-après ne préjugent en rien de ce qui va être adopté dans le cadre de la future RE 2020*

## SOMMAIRE

<b>1. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DES NOUVEAUX INDICATEURS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DU LABEL E+C-</b> .....	<b>3</b>
1.1 Fiche algorithme : calcul des indicateurs BILAN_BEPOS et RER.....	3
1.2 Fiche algorithme : calcul des quantités d'énergie autoconsommée, importée et exportée (méthode horaire).....	13
1.3 Fiche algorithme : calcul des consommations électriques des équipements mobiliers (autres usages, en méthode horaire).....	35
1.4 Fiche algorithme : calcul des consommations des ascenseurs du bâtiment .....	37
1.5 Fiche algorithme : calcul des consommations d'éclairage des parties communes en logement collectif.....	53
1.6 Fiche algorithme : calcul des consommations d'éclairage des parkings.....	56
1.7 Fiche algorithme : calcul des consommations de ventilation des parkings fermés .....	62
<b>2. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DU NOUVEL INDICATEUR DE CONFORT D'ETE (DIES)</b> .....	<b>72</b>
2.1 Fiche algorithme : calcul de l'indicateur de confort d'été DIES .....	72
2.2 Fiche algorithme : prise en compte des brasseurs d'air dans le calcul de confort d'été.....	102
2.3 Fiche algorithme: prise en compte des puits hydrauliques dans le calcul de l'indicateur de confort d'été DIES .....	116
2.4 Fiche algorithme: prise en compte des systèmes d'humidification directe et indirecte (rafraîchissement adiabatique) en calcul de l'indicateur de confort d'été DIES.....	126

## 1. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DES NOUVEAUX INDICATEURS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DU LABEL E+C-

### 1.1 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES INDICATEURS BILAN\_BEPOS ET RER

#### 1.1.1 INTRODUCTION

L'objet de cette fiche est la détermination des nouveaux indicateurs d'évaluation de la performance énergétique intégrés dans le référentiel E+C-. Ces indicateurs sont les suivants :

- Bilan énergétique BEPOS : Bilan<sub>BEPOS</sub> défini par la différence, exprimée en énergie primaire, entre la quantité d'énergie ni renouvelable ni de récupération consommée par le bâtiment ( $Cep_{nr}$ ) et la quantité d'énergie renouvelable ou de récupération « exportée » par le bâtiment et ses espaces attenants ( $Pep_{exp}$ ).

Le bilan énergétique BEPOS est défini comme suit :

$$Bilan\_BEPOS_{annuel}^{bat} = Cep_{nr\_annuel}^{bat} - Pep_{exp\_annuel}^{bat} \quad (1)$$

Cet indicateur est calculé au niveau groupe puis aggloméré pour fournir une valeur au niveau bâtiment, niveau auquel se fait la comparaison à l'exigence du label (Bilan BEPOS max).

- RER : indicateur de recours aux énergies renouvelables et de récupération visant à établir pour un bâtiment, quel que soit son usage, la part de la consommation de ce bâtiment qui est assurée par des énergies renouvelables. Cet indicateur est exprimé en pourcentage.

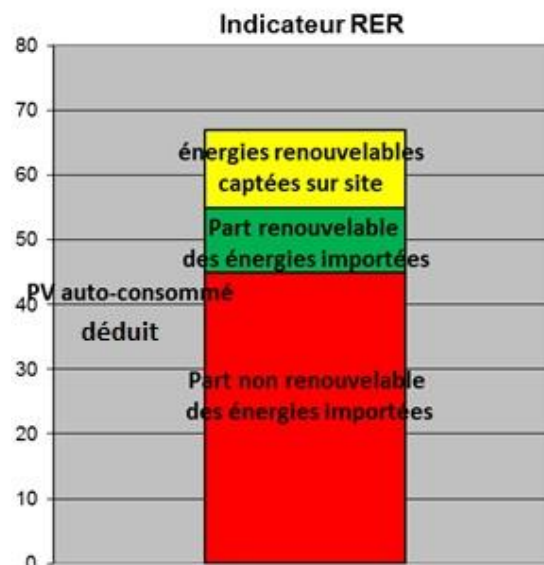


Figure 1 – Schéma générique de décomposition des différents éléments de l'indicateur RER

La formule de calcul du RER est la suivante (ratio entre les énergies renouvelables  $E_{ep\_ren}^{bat}$  et ces mêmes énergies renouvelables augmentées de la part non renouvelable des consommations importées -  $Cep_{nr\_annuel}^{bat}$ ) :

$$RER = \frac{\text{[vert]} + \text{[jaune]}}{\text{[vert]} + \text{[jaune]} + \text{[rouge]}}$$

$$RER_{annuel}^{bat} = \frac{E_{ep,ren}^{bat}}{Cep_{nr,annuel}^{bat} + E_{ep,ren}^{bat}} \quad (2)$$

Concernant les énergies renouvelables, il s'agit :

- des énergies renouvelables captées et utilisées sur site (solaire thermique)
- des énergies renouvelables produites sur site et autoconsommées (par exemple énergie renouvelable produite par des capteurs PV)
- de la part renouvelable des énergies importées.

Cet indicateur est calculé au niveau du bâtiment.

### 1.1.2 NOMENCLATURE

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

#### Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Autoconso	$E_{ef,elec,AC,PV,annue}^{bat}$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et autoconsommée Tous usages <b>annuellement</b>	kWh/m²Srt.an
	$E_{ef,elec,AC,Coge,ann}^{bat}$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages <b>annuellement</b>	kWh/m²Srt.an
C_Bat_Calculs bâtiment	$C_{ef,ch}^{gnr}$ $C_{ef,ecs}^{gnr}$	Consommations annuelles en énergie primaire par poste et par générateur.	Wh/ep
	$E_{ep,sol,tot}^{bat}$	Energie solaire thermique annuelle cumulée pour le bâtiment <i>bat</i> .	Wh/ep
Générateurs	$\eta_{eff,ch,an}^{gnr}$	rendement annuel (COP) du générateur thermodynamique en chauffage.	Réel
	$\eta_{eff,ecs,an}^{gnr}$	rendement annuel (COP) du générateur thermodynamique en ECS	Réel
	$E_{ef,fou,ch}^{gnr}$ $E_{ef,fou,ecs}^{gnr}$	Energies finales annuelles fournies par usage par générateur.	Wh/ef
C_Bat_Calculs zone	$E_{ep,sol,tot}^Z$	Energie solaire thermique annuelle cumulée pour la zone.	Wh/ep
Gnr_combustion et poêles bois	$Type\_combustible\_bois$	Type de combustible bois principalement utilisé pour les équipements bois : 0 Sans objet 1 Bois granulés 2 Bois bûches 3 Bois plaquettes	Enum 0 3

**Consommations d'énergies importées (viennent de C\_DIV\_AUTOCONSO\_IMPORT\_EXPORT)**

$C_{ef\_gaz\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_gaz\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_gaz\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_fioul\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_fioul\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_fioul\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_cha\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_cha\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_cha\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_bois\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_bois\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_bois\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_elec\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_elec\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_elec\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_elec\_imp\_ecl\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'éclairage du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_elec\_imp\_auxv\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de ventilation du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$
$C_{ef\_elec\_imp\_auxs\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de distribution du bâtiment.	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$

$C_{ef\_elec\_imp\_AUE\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des autres usages du bâtiment.	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n
$C_{ef\_rdc\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n
$C_{ef\_rdc\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n
$C_{ef\_rdc\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n
<b>Energies produites et exportées (voir §1.2 Fiche algorithme : calcul des quantités d'énergie autoconsommée, importée et exportée (méthode horaire))</b>		
$E_{ef\_elec\_exp\_PV\_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par le photovoltaïque et exportée par bâtiment	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n
$E_{ef\_elec\_exp\_coge\_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par la cogénération et exportée par bâtiment	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n

### Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Rat_{ENRen\_rdch}^{bat}$	Ratio pour la prise en compte de la part ENR du bâtiment pour le réseau de chaleur.	Réel	0	1	
$Rat_{ENRen\_rdfr}^{bat}$	Ratio pour la prise en compte de la part ENR du bâtiment pour le réseau de froid.	Réel	0	1	

### Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$S_{RT}^{bat}$	Surface hors œuvre nette RT du bâtiment.	m <sup>2</sup>	0	+∞	-

### Variables internes

Nom	Description	Unité
-----	-------------	-------

### Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max
$Bilan\_BEPOS\_niv1\_2$	Bilan BEPOS du bâtiment en énergie primaire pour comparaison aux niveaux Energie 1 et 2 du référentiel	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n	-∞	+∞
$Bilan\_BEPOS\_niv3\_4$	Bilan BEPOS du bâtiment en énergie primaire pour comparaison aux niveaux Energie 3 et 4 du référentiel	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n	-∞	+∞
$Cep_{nr}^{bat\_annuel}$	Consommation d'énergie primaire ni renouvelable ni de récupération de tous les usages	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n	0	+∞
$Cep_{ren}^{bat\_annuel}$	Part d'énergie primaire renouvelable de toutes les énergies consommées au niveau du bâtiment	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n	0	+∞
$Eep_{ren}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable ou de récupération captée ou autoconsommée par le bâtiment	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> S <sub>rt</sub> /a n	0	+∞

$Eep_{ren\_AC}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable ou de récupération « autoconsommée » par le bâtiment	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$Eep_{ren\_Sol}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable captées par les boucles solaires du bâtiment	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$Eep_{ren\_thermo\_ch}^{bat}$	Quantité d'énergie primaire renouvelable captée via les générateurs thermodynamiques du bâtiment pour leur fonction chauffage	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$Eep_{ren\_thermo\_ecs}^{bat}$	Quantité d'énergie primaire renouvelable captée via les générateurs thermodynamiques du bâtiment pour leur fonction eau chaude sanitaire	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$Pe_{exp\_annuel}^{bat}$	Énergie <b>finale</b> renouvelable ou de récupération « exportée » utilisée pour calculer le bilan <sub>BEPOS</sub>	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$Pe_{exp\_annuel\_niv1\_2}^{bat}$	Énergie <b>primaire</b> renouvelable ou de récupération « exportée » utilisée pour calculer le bilan <sub>BEPOS_niv1_2</sub>	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$Pe_{exp\_annuel\_niv3\_4}^{bat}$	Énergie <b>primaire</b> renouvelable ou de récupération « exportée » utilisée pour calculer le bilan <sub>BEPOS_niv3_4</sub>	$kWh_{ef}/m^2S_{rt}/a_n$	0	$+\infty$
$RE_{annuel}^{bat}$	Indicateur informatif de recours aux énergies renouvelables et de récupération	%	0	100

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$Coef_{ep(i), i=10 \text{ à } 60}$	Coefficients d'énergie primaire totale correspondant aux différents types d'énergie (méthode de calcul Th-BCE chapitre 10.25.3.1.1).	Réel	oui
$Coef_{ep\_AC}$	Vecteur de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour les productions autoconsommées	Vecteur de 2 réels	[1,1]
$Coef_{ep\_exp}$	Vecteur de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour les productions exportées	Vecteur de 2 réels	[2.58,1]
$fp_{nr(i), i=10 \text{ à } 60}$	Coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire ni renouvelable ni de récupération pour les vecteurs énergétiques	Réel	oui

**Tableau 1 : Nomenclature du modèle**

### 1.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

#### 1.1.3.1 Généralités

#### Vecteurs des coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire ni renouvelable ni de récupération

Il s'agit de la liste des coefficients de conversion en énergie finale et énergie primaire ni renouvelable ni de récupération

	$F_{nr(\text{énergie})}$
10 : Gaz naturel	1
11 : Propane	1
20 : Fioul	1
30 : Charbon	1
40 : Bois	0
41 : Bois granulés	0
42 : Bois buches	0
43 : Bois plaquettes	0
50 : Electricité	2.58
60 : Réseau de chaleur	Si réseau de chaleur : $1 - \text{RatENRen}_{rdch}^{bat}$ Si réseau de froid : $1 - \text{RatENRen}_{rdfr}^{bat}$

Tableau 2 : Vecteur des coefficients de conversion d'énergie finale et énergie primaire ni renouvelable ni de récupération  $\{f_{p_{nr(\text{énergie})}}\}$

#### Coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire totale

L'énergie primaire totale correspond à l'énergie primaire calculée dans le cadre de la réglementation thermique 2012. Les valeurs sont données au chapitre 10.25.3.1.1 des règles Th-BCE.

#### 1.1.3.2 Calcul de l'indicateur BilanBEPOS

L'indicateur Bilan<sub>BEPOS</sub> est défini par la différence, exprimée en énergie primaire, entre la quantité d'énergie ni renouvelable ni de récupération consommée par le bâtiment ( $Cep_{nr}$ ) et la quantité d'énergie renouvelable ou de récupération « exportée » par le bâtiment et ses espaces attenants ( $Pep_{exp}$ ). On va détailler le calcul de ces deux éléments avant de réaliser le bilan.

#### Calcul de $Cep_{nr}$

La consommation d'énergie primaire non renouvelable à l'échelle du bâtiment est égale à la somme **sur tous les postes de consommations du label E+C-**  $i \in \{0;6\}$ , pour **toutes les énergies** - énergie  $\in \{10;60\}$ , des consommations d'énergie finales du bâtiment **importées** (qui tiennent compte des énergies autoconsommées) multipliées par les facteurs de conversion de l'énergie finale en énergie primaire non renouvelable  $f_{p_{nr}}$ .

$$Cep_{nr\_annuel}^{bat} = \sum_{\text{énergie} \in \{10;60\}} \left( \sum_{i \in \{0;6\}} (C_{ef\_i\{énergie\}}^{bat} * f_{p_{nr(\text{énergie})}}) \right) \quad (3)$$

#### Calcul de $Pep_{exp}$

$Pep_{exp}$  est l'énergie primaire renouvelable ou de récupération « exportée » exprimée en kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an.

Elle est la somme de toutes les énergies finales produites et exportées par les systèmes de production du bâtiment (PV – aussi bien celui décrit au niveau projet qu’au niveau bâtiment, cogénération, Titres V) multipliées par le coefficient de conversion en énergie primaire renouvelable.

On calcule tout d’abord la **valeur en énergie finale** :

Si *Type\_Combustible\_bois* ≠ « 0-Sans objet » (la cogénération utilise un combustible bois, sa production d’électricité est donc d’origine renouvelable) alors la variable *m\_IsProdCogeEnR* prend la valeur « True » et :

$$Pef_{exp\_annuel}^{bat} = E_{ef\_elec\_exp\_PV\_annuel}^{bat} + E_{ef\_elec\_exp\_coge\_annuel}^{bat} \quad (4)$$

Sinon, si le cogénérateur fonctionne au gaz ou au fioul, on ne compte que l’énergie exportée du PV et :

$$Pef_{exp\_annuel}^{bat} = E_{ef\_elec\_exp\_PV\_annuel}^{bat} \quad (5)$$

On passe ensuite cette valeur en **énergie primaire**.

Pour la transformation en énergie primaire, cela dépend du Niveau « Energie » recherché. Pour les niveaux 1 et 2, le coefficient de transformation en énergie primaire est de 1 quelle que soit la quantité exportée

$$Pep_{exp\_annuel\_niv1\_2}^{bat} = Pef_{exp\_annuel}^{bat} * Coef_{ep\_exp}[i = 2] \quad (6)$$

Pour les niveaux 3 et 4, le coefficient de transformation en énergie primaire est de 2,58 pour les 10 premiers kWh d’énergie finale exportés puis de 1 ensuite.

$$Pep_{exp\_annuel\_niv3\_4}^{bat} = \begin{cases} MIN(Pef_{exp\_annuel}^{bat}; 10) * Coef_{ep\_exp}[i = 1] \\ + MAX(Pef_{exp\_annuel}^{bat} - 10; 0) * Coef_{ep\_exp}[i = 2] \end{cases} \quad (7)$$

Où

$$Coef_{ep\_exp} = \begin{bmatrix} 2,58 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ le coefficient de conversion énergie primaire}$$

### Calcul du Bilan<sub>BEPOS</sub>

A partir des deux paragraphes précédents, on déduit le Bilan<sub>BEPOS</sub>. On définit, dans le cadre du référentiel Energie Carbone deux bilans BEPOS annuels. En effet, pour le respect des niveaux « Energie 3 » et « Energie 4 » du référentiel Energie-Carbone, il est prévu une valorisation spécifique des 10 premiers kWh d’énergie électrique d’origine renouvelable exportée. Ces deux bilans BEPOS sont définis comme suit :

$$Bilan\_BEPOS\_niv\_1\_2_{annuel}^{bat} = Cep_{nr\_annuel}^{bat} - Pep_{exp\_annuel\_niv\_1\_2}^{bat} \quad (8)$$

$$Bilan\_BEPOS\_niv\_3\_4_{annuel}^{bat} = Cep_{nr\_annuel}^{bat} - Pep_{exp\_annuel\_niv\_3\_4}^{bat} \quad (9)$$

#### 1.1.3.3 Calcul de l’indicateur RER

Le RER est un indicateur de recours aux énergies renouvelables et de récupération visant à établir pour un bâtiment, quel que soit son usage, la part de la consommation de ce bâtiment qui est assurée par des énergies renouvelables. Cet indicateur est exprimé en pourcentage.

On tient compte ici :

- de la **part renouvelable des énergies importées**,

- des **énergies produites et autoconsommées** par le bâtiment ou ses espaces attenants,
- et enfin des **énergies renouvelables captées et utilisées sur le site** par les systèmes solaires thermiques, les générateurs thermodynamiques.

On va détailler ces éléments dans les paragraphes ci-dessous.

### Prise en compte des apports d'énergie renouvelables contenues dans les différents vecteurs énergétiques alimentant le bâtiment

Dans le référentiel E+C-, est défini un facteur de conversion en énergie primaire **ni renouvelable ni de récupération** selon le vecteur énergétique associé (cf. 1.1.3.1) le coefficient  $\{fp_{nr(énergie)}\}$ .

Dans la RT 2012, existent des coefficients de transformation d'énergie finale en énergie primaire **totale** (cf. méthode de calcul Th-BCE chapitre 10.25.3.1.1 – coefficient  $Coef_{ep(i), i=10 \text{ à } 60}$ . Pour les différents types de combustible bois, on utilise ici les mêmes coefficients que pour le bois.

Pour obtenir la part d'énergie renouvelable ou de récupération **des énergies importées** de chaque vecteur énergétique, on va donc faire pour chacun la différence entre l'énergie primaire totale et l'énergie primaire ni renouvelable ni de récupération, au niveau du bâtiment, via la formule ci-dessous :

$$Cep_{ren\_annuel}^{bat} = \sum_{energie \in \{10;60\}} [(C_{ef\_energie}^{bat\_imp\_i\_annuel} * (Coef_{ep(energie)} - fp_{nr(energie)})] \quad (10)$$

### Energies produites de manière renouvelable et autoconsommées au niveau du bâtiment

Ce paragraphe concerne les productions PV d'une part (niveau bâtiment et niveau projet), de la cogénération d'autre part, produites de manière renouvelable et autoconsommées sur le bâtiment.

Dans le cadre du calcul de l'indicateur RER, seule la partie autoconsommée sur l'ensemble des usages est prise en compte. Cette valeur est calculée dans la fiche dédiée à l'autoconsommation en énergie finale.

Pour la cogénération, l'énergie autoconsommée n'est incluse dans le calcul que si le combustible utilisé pour la production est d'origine renouvelable.

Si *Type\_Combustible\_bois* ≠ « 0-Sans objet » (la cogénération utilise un combustible bois, sa production d'électricité est donc d'origine renouvelable) alors la variable *m\_IsProdCogeEnR* prend la valeur « True » et :

$$Eep_{ren\_AC}^{bat} = Eef_{elec\_AC\_PV\_annuel}^{bat} * Coef_{ep\_AC}[i = 1] + Eef_{elec\_AC\_coge\_annuel}^{bat} * Coef_{ep\_AC}[i = 2] \quad (11)$$

Sinon, si le cogénérateur fonctionne au gaz ou au fioul, on ne compte que l'énergie autoconsommée issue du PV :

$$Eep_{ren\_AC}^{bat} = \{E_{ef\_elec\_AC\_PV\_annuel}^{bat} * Coef_{ep\_AC}[i = 1]\} \quad (12)$$

Où

$Coef_{ep\_AC} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$  coefficient de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoconsommée

### Solaire thermique

Cette méthode s'applique aussi bien aux systèmes solaires thermiques assurant uniquement la production d'eau chaude sanitaire (CESI, CESCO, ...) qu'aux systèmes solaires thermiques assurant

également le chauffage (SSC). Est prise en compte ici l'énergie solaire thermique captée et utilisée sur site.

La part d'énergie renouvelable est calculée en faisant le bilan de la boucle solaire :

$$Eep_{ren\_sol}^{bat} = \frac{1}{1000 * S_{RT}^{bat}} * \text{MAX}(0; E_{ep\_sol\_tot}^{bat}) \quad (13)$$

Avec  $E_{ep\_sol\_tot}^{bat}$  énergie thermique fournie par les boucles solaires du bâtiment

On rappelle que le coefficient de transformation en énergie primaire est ici de 1

Contrairement au calcul du coefficient Aepenr de la RT2012, les consommations électriques des auxiliaires ne sont pas retranchées de l'apport solaire thermique. Ces consommations sont en effet comptabilisées par ailleurs dans le coefficient  $Cep_{nr\_annuel}^{bat}$  défini précédemment.

### Systèmes thermodynamiques (id<sub>type</sub><sup>gnr</sup>=503 à 509)

Le calcul est effectué en énergie primaire avec un coefficient de conversion de l'énergie finale de 1. On considère par ailleurs que le système de génération n'a pas de pertes récupérables. Les systèmes de distribution ainsi que les dispositifs de stockage éventuels sont exclus du champ du calcul.

On réalise un calcul par usage (uniquement pour le chauffage et l'ECS, **le refroidissement est exclu**). En effet, suivant les configurations, un même générateur peut assurer un ou deux modes.

Pour 1 kWh d'énergie finale fournie au niveau du générateur, la consommation d'énergie électrique est de 1/COP et la consommation d'énergie primaire est identique (coefficient de conversion de 1). Le bilan sur le milieu extérieur (part ENR) est donc égal à (1- 1/COP).

On détermine tout d'abord le **COP annuel** en chauffage et en ECS pour **chaque générateur thermodynamique alimentant le bâtiment**. L'efficacité du générateur est donc calculée sur l'ensemble des bâtiments qu'il alimente, et est considérée identique pour tous ces bâtiments. On rappelle ici que, au sens de la méthode Th-BCE, pour les générateurs thermodynamiques, le COP est confondu avec l'efficacité annuelle (cf. chapitre 10.25.3.8.2), et est calculé selon les formules ci-dessous :

$$COP_{ch\_annuel}^{gnr} = \eta_{eff\_ch\_an}^{gnr} = \frac{E_{ef\_fou\_ch}^{gnr}}{C_{ef\_ch}^{gnr}} \quad (14)$$

$$COP_{ecs\_annuel}^{gnr} = \eta_{eff\_ecs\_an}^{gnr} = \frac{E_{ef\_fou\_ecs}^{gnr}}{C_{ef\_ecs}^{gnr}} \quad (15)$$

Par la suite, on calcule la contribution des générateurs thermodynamiques au RER du bâtiment. Sont pris en compte les types suivants :

- Générateurs thermodynamiques gaz réversibles, et non réversibles (électrique et gaz)
- Générateurs thermodynamiques réversibles, autres (comprend les catégories de générateurs 503 – Générateur réversible standard, 507 – Générateur thermodynamique sur boucle d'eau, 508 – Thermofrigopompe, 509 – DRV)
- Titre V pompe à chaleur double service

- Source ballon base appoint thermodynamique Electrique et Gaz

Soit les générateurs thermodynamiques ci-dessus, d'indice *gnr*, appartenant à des générations desservant le bâtiment *bat*:

$$E_{ep\_ren\_thermo\_ch}^{bat} = \frac{1}{1000 * S_{RT}^{bat}} * \left( \sum_{bat} MAX(0; E_{ef\_fou\_ch}^{gnr} * (1 - \frac{1}{COP_{ch\_annuel}^{gnr}})) \right) \quad (16)$$

$$E_{ep\_ren\_thermo\_ecs}^{bat} = \frac{1}{1000 * S_{RT}^{bat}} * \left( \sum_{bat} MAX(0; E_{ef\_fou\_ecs}^{gnr} * (1 - \frac{1}{COP_{ecs\_annuel}^{gnr}})) \right) \quad (17)$$

On rappelle que le coefficient de transformation en énergie primaire est ici de 1

### Quantité d'énergie primaire renouvelable totale du bâtiment

La quantité d'énergie primaire totale du bâtiment  $E_{ep\_ren}^{bat}$  rentrant dans le calcul de l'indicateur RER est la somme de l'ensemble des contributions listées précédemment :

$$E_{ep\_ren}^{bat} = E_{ep\_ren\_AC}^{bat} + E_{ep\_ren\_Sol}^{bat} + E_{ep\_ren\_thermo\_ch}^{bat} + E_{ep\_ren\_thermo\_ecs}^{bat} + C_{ep\_ren\_annuel}^{bat} \quad (18)$$

### Calcul de l'indicateur RER

L'indicateur RER est calculé au niveau du bâtiment, à l'aide de la formule :

$$RER_{annuel}^{bat} = \frac{E_{ep\_ren}^{bat}}{C_{ep\_nr\_annuel}^{bat} + E_{ep\_ren}^{bat}} \quad (19)$$

## 1.2 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES QUANTITES D'ENERGIE AUTOCONSOMMEE, IMPORTEE ET EXPORTEE (METHODE HORAIRE)

### 1.2.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme s'inscrit dans le cadre de la mise en place du label « Energie – Carbone », et plus précisément du mode détaillé de calcul de ce label. La présente fiche algorithme introduit dans le moteur de calcul réglementaire le calcul de l'autoconsommation des productions d'électricité via des panneaux photovoltaïques ou des systèmes de cogénération, et notamment la détermination des éléments suivants :

- L'énergie électrique produite par le **photovoltaïque** et autoconsommée **sur les 5 usages réglementaires et les autres usages de l'électricité** (mobiliers et immobiliers)
- L'énergie électrique produite par les systèmes de **cogénération** et **autoconsommée** par le bâtiment **sur les 5 usages réglementaires et les autres usages de l'électricité** (mobiliers et immobiliers)
- L'énergie électrique produite par le **photovoltaïque** et **exportée** vers un réseau local ou national de distribution d'énergie (non autoconsommée)
- L'énergie électrique produite par les systèmes de **cogénération** et **exportée** vers un réseau local ou national de distribution d'énergie (non autoconsommée)

On agrègera ces éléments au niveau mensuel et annuel, pour être en phase avec ce qui est fait au niveau consommation RT2012.

Les valeurs de taux d'autoconsommation sont, quant à elles, déterminées via un post-processeur qui permet, à chaque heure :

- de faire la somme de toutes les consommations d'électricité des postes réglementaires (chauffage, refroidissement, éclairage, ECS, auxiliaires)
- de faire la somme de toutes les consommations d'électricité des postes réglementaires **et** non réglementaires (cf. autres usages mobiliers et immobiliers ci-dessus)
- de comparer ces deux éléments à la production horaire d'électricité pour déterminer la part autoconsommée.

Ces éléments horaires sont ensuite sommés mensuellement et sur l'année pour pouvoir en déduire les indicateurs d'autoconsommation décrits précédemment. Ainsi que la quantité d'électricité exportée via la différence entre la quantité d'électricité totale produite par le PV et la part autoconsommée (autoconsommation tous usages).

Les différentes sorties sont présentées **en énergie finale**, afin de permettre un traitement ultérieur pour la conversion en énergie primaire selon de futurs scénarios issus de la mise en place de la prochaine réglementation.

D'autre part, pour les besoins de l'évaluation de l'impact environnemental du contributeur énergie, il est nécessaire d'évaluer les éléments suivants :

- L'énergie électrique produite par les systèmes de production du bâtiment et **autoconsommée par usage**. Ceci afin de pouvoir déduire cette part autoconsommée de l'énergie électrique importée du réseau

- le taux d'autoconsommation de l'électricité produite, respectivement par les panneaux PV, et les systèmes de cogénération, et par l'ensemble.
- Le taux d'autoconsommation global (chaleur + électricité) pour la cogénération, dans l'optique de l'impact environnemental.

**Note importante** : on traite ici uniquement de l'export d'électricité, et pas de chaleur. Ce volet n'est pas intégré dans la présente version des fiches algorithmes.

### 1.2.2 NOMENCLATURE

Note : dans les variables des fichiers Sortie.xml sortant de Th-BCE ou du fichier XML du RSET, toutes les variables sont précédées d'un « O\_ ». Pour alléger la notation de cette fiche algorithme, ce préfixe n'est pas repris dans les notations ci-dessous.

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Autres usages de l'énergie	$C_{ef\_us\_mob}^z(h)$	Profil de Puissance électrique finale consommée par les usages mobiliers de la zone au pas de temps horaire	Wh			
	$C_{ef\_asc}^z(h)$	Consommation électrique horaire en énergie finale des ascenseurs de la zone	Wh			
	$C_{ef\_park}^z(h)$	Consommation électrique horaire en énergie finale des parkings (éclairage et ventilation) de la zone	Wh			
	$C_{ef\_circ\_ecl}^z(h)$	Consommation électrique horaire en énergie finale de l'éclairage des locaux communs des zones de logements collectifs	Wh			
Calculs bâtiment	$Q_{cef(poste;50)}^{gr}(h)$	Consommation <b>électrique</b> des générateurs de chauffage, refroidissement et d'ECS du groupe au pas de temps horaire par poste	Wh			
Photovoltaïques	$\Phi_{ef\_prod\_PV}^{bat}(h)$	Energie électrique horaire produite par les différentes productions photovoltaïques <b>décrites au niveau bâtiment</b>	Wh			
	$\Phi_{ef\_prod\_PV\_projet}^{bat}$	Energie électrique horaire produite par les différentes productions photovoltaïques <b>décrites au niveau projet</b>	Wh			
Calculs_groupes	$W_{cef\_auxv}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation du groupe au pas de temps horaire	Wh			
	$W_{cef\_auxs}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de distribution du groupe au pas de temps horaire	Wh			
	$P_{elec\_ecl}^{gr}(h)$	Consommation d'éclairage du groupe au pas de temps horaire	Wh			
	$W_{cef\_auxs}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de distribution du groupe au pas de temps horaire	Wh			
Méthode simplifiée -	$\{Q_{cef(fo;en)}\}$	Consommation horaire en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction (ou poste) ; type d'énergie}	Wh			

Générateur à combustion

{ $Q_{cef\_bois_{poste; type\_comb}}$ }

Matrice de consommation horaire de bois en énergie finale des générateurs combustions, par type de combustible bois et par poste

kWh

### Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-	1	36	-
Groupe	$contenu\_CO2\_réseau\_ch$	Contenu CO <sub>2</sub> du réseau de chaleur	gCO <sub>2</sub> e q/kWh	0	+∞	
	$contenu\_CO2\_réseau\_fr$	Contenu CO <sub>2</sub> du réseau de froid	gCO <sub>2</sub> e q/kWh	0	+∞	
Gnr_combustion et noëles	$Type\_combustible\_bois$	Type de combustible bois principalement utilisé pour les équipements bois : 0 - Sans objet 1 - Bois granulés 2 - Bois bûches 3 - Bois plaquettes	Enum	0	3	
	$TypeRéseau$	Type de réseau urbain : 0- Sans objet 1- Type biomasse 2- Type fioul 3- Type gaz naturel 4- Type charbon 5- Type cogénération gaz naturel 6- Type cogénération fioul 7- Type cogénération biomasse 8- Type cogénération biogaz 9- Type Géothermie 10- Type Biogaz (hors cogénération)	Enum	0	10	
Réseau_fourniture						

### Sorties

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
<b>Consommations par poste et par zone</b>						
	$C_{cef\_ch\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour le chauffage dans le groupe au pas de temps h	Wh			
	$C_{cef\_fr\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour le refroidissement dans le groupe au pas de temps h	Wh			
	$C_{cef\_ecs\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour l'ecs dans le groupe au pas de temps h	Wh			
	$C_{cef\_auxs\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée par les auxiliaires de distribution dans le groupe au pas de temps h	Wh			

$C_{cef\_auxv\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et les ventilateurs des émetteurs) dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{cef\_ecl\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour l'éclairage dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{cef\_AUE\_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour les autres usages mobiliers et immobiliers dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{ef\_comb\_final}^{bat,cogé}$	Consommation d'énergie finale de la cogénération pour le bâtiment objet de l'étude corrigée après déduction du combustible utilisé pour produire l'électricité exportée	kWh/ m <sup>2</sup> Srt .an

### Energies autoconsommées

$E_{ef\_elec\_AC\_PV\_horaire}^{bat}(h)$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et auto-consommée Tous usages au pas de temps horaire	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_Coge\_horaire}^{bat}(h)$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages au pas de temps horaire	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_PV\_mois}^{bat}$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et auto-consommée Tous usages <b>mensuellement</b>	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_Coge\_mois}^{bat}$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages <b>mensuellement</b>	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_PV\_annuel}^{bat}$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et auto-consommée Tous usages <b>annuellement</b>	kWh/ m <sup>2</sup> Srt .an
$E_{ef\_elec\_AC\_Coge\_annuel}^{bat}$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages <b>annuellement</b>	kWh/ m <sup>2</sup> Srt .an
$E_{ef\_elec\_AC\_ch\_horaire}^z$	Energie électrique produite par zone et autoconsommée pour le poste de consommation de chauffage électrique de la zone.	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_fr\_horaire}^z$	Energie électrique produite par zone et autoconsommée pour le poste de consommation de refroidissement électrique de la zone.	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_ecs\_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'ECS électrique de la zone.	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_ecl\_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'éclairage électrique de la zone.	Wh

$E_{ef\_elec\_AC\_auxv\_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'auxiliaires de ventilation électrique de la zone.	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_auxs\_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'auxiliaires de distribution électrique de la zone.	Wh
$E_{ef\_elec\_AC\_AUE\_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'auxiliaires des autres usages électriques de la zone.	Wh

#### Energies exportées

$E_{ef\_elec\_exp\_PV\_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par le photovoltaïque et exportée par bâtiment	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$E_{ef\_elec\_exp\_coge\_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par la cogénération et exportée par bâtiment	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$E_{ef\_elec\_exp\_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par la cogénération et le photovoltaïque et exportée par bâtiment	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an

#### Energies importées par poste, par énergie et par bâtiment

$C_{ef\_elec\_imp\_annuel}^z$	Energie électrique totale importée de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_gaz\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_gaz\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_gaz\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_fioul\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_fioul\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_cha\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_cha\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an

$C_{ef\_bois\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_bois\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_bois\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_ecl\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'éclairage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_auxv\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de ventilation du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_auxs\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de distribution du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_AUE\_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des autres usages du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_rdc\_imp\_ch\_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_rdc\_imp\_fr\_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_rdc\_imp\_ECS\_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisgran\_imp\_annuel}^{bat}$	Energie bois (type granulés) importée pour le bâtiment	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisbuch\_imp\_annuel}^{bat}$	Energie bois (type bûches) importée pour le bâtiment.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an

$C_{ef\_boisplaq\_imp\_annuel}^{bat}$	Energie bois (type plaquettes) importée pour le bâtiment.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisplaqpoel\_imp\_annuel}^{bat}$	Energie bois (type plaquettes consommée par un poêle bois) importée pour le bâtiment.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an

**Energies importées par poste, par type d'énergie, et par zone**

$C_{ef\_gaz\_imp\_ch\_annuel}^Z$	Energie gaz importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_gaz\_imp\_fr\_annuel}^Z$	Energie gaz importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_gaz\_imp\_ECS\_annuel}^Z$	Energie gaz importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_fioul\_imp\_ch\_annuel}^Z$	Energie fioul importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_fioul\_imp\_ECS\_annuel}^Z$	Energie fioul importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_cha\_imp\_ch\_annuel}^Z$	Energie charbon importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_cha\_imp\_ECS\_annuel}^Z$	Energie charbon importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_bois\_imp\_ch\_annuel}^Z$	Energie bois importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_bois\_imp\_fr\_annuel}^Z$	Energie bois importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_bois\_imp\_ECS\_annuel}^Z$	Energie bois importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_ch\_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_fr\_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWh f/m <sup>2</sup> S RT/an

$C_{ef\_elec\_imp\_ECS\_anneel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_ecl\_anneel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations d'éclairage de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_auxv\_anneel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de ventilation de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_auxs\_anneel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de distribution de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_elec\_imp\_AUE\_anneel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations des autres usages de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_rdc\_imp\_ch\_anneel}^Z$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_rdc\_imp\_fr\_anneel}^Z$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_rdc\_imp\_ECS\_anneel}^Z$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisgran\_imp\_anneel}^Z$	Energie bois (type granulés) importée pour la zone	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisbuch\_imp\_anneel}^Z$	Energie bois (type bûches) importée pour la zone	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisplaq\_imp\_anneel}^Z$	Energie bois (type plaquettes) importée pour la zone	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an
$C_{ef\_boisbuchpoeL\_imp\_anneel}^Z$	Energie bois (type plaquettes consommée par un poêle bois) importée pour la zone.	kWhe f/m <sup>2</sup> S RT/an

#### Indicateurs d'autoconsommation

$TAC_{PV\_mois}^{bat}$	Taux d'autoconsommation mensuel de l'énergie électrique produite par le PV au niveau du bâtiment	%
$TAC_{PV\_anneel}^{bat}$	Taux d'autoconsommation annuel de l'énergie électrique produite par le PV au niveau du bâtiment	%
$TAC_{Coge\_elec\_mois}^{bat}$	Taux d'autoconsommation mensuel de l'énergie électrique produite par les systèmes de cogénération du bâtiment	%

$TAC_{Coge\_elec\_annuel}^{bat}$	Taux d'autoconsommation annuel de l'énergie électrique produite par les systèmes de cogénération du bâtiment	%
$TAC_{Coge\_annuel}^{bat}$	Taux d'autoconsommation annuel de l'énergie produite (chaleur et électricité) par les systèmes de cogénération du bâtiment	%

Variables internes		Unité	Min	Max	Conv
<b>Energies produites (photovoltaïque et cogénération)</b>					
$E_{ef\_PV\_m}^{bat}$	Energie électrique finale <b>mensuelle</b> produite par les capteurs photovoltaïques <b>décrits au niveau bâtiment</b> (après l'onduleur)	kWhe f/m <sup>2</sup> Srt			
$E_{ef\_PV\_annuel}^{bat}$	Energie électrique finale <b>annuelle</b> produite par les capteurs photovoltaïques <b>décrits au niveau bâtiment</b> (après l'onduleur)	kWhe f/m <sup>2</sup> Srt			
$E_{ef\_PV\_projet\_m}^{bat}$	Energie électrique finale <b>mensuelle</b> produite par les capteurs photovoltaïques <b>décrits au niveau projet</b> (après l'onduleur)	kWhe f/m <sup>2</sup> Srt			
$E_{ef\_PV\_projet\_annu}^{bat}$	Energie électrique finale <b>annuelle</b> produite par les capteurs photovoltaïques <b>décrits au niveau projet</b> (après l'onduleur)	kWhe f/m <sup>2</sup> Srt			
$E_{ef\_prelec}^{bat} (h)$	Energie électrique finale <b>horaire</b> produite par les cogénérations du bâtiment	Wh			
$E_{ef\_pr\_elec\_mois}^{bat}$	Energie électrique finale <b>mensuelle</b> produite par les cogénérations du bâtiment	W			
$E_{ef\_pr\_elec\_annuel}^{bat}$	Energie électrique finale <b>annuelle</b> produite par les cogénérations du bâtiment	W			
<b>Energies autoconsommées</b>					
$E_{ef\_elec\_AC\_horaire}^{bat} (h)$	Energie électrique totale produite et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h	Wh			
$E_{ef\_elec\_AC\_PV\_horaire}^{bat} (h)$	Energie électrique totale produite <b>par le PV</b> et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h	Wh			
$E_{ef\_elec\_AC\_coge\_horaire}^{bat} (h)$	Energie électrique totale produite <b>par les cogénérations</b> et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h	Wh			
$E_{ef\_elec\_AC\_PV\_mois}^{bat}$	Energie électrique totale produite <b>par le PV</b> et autoconsommée <b>mensuellement</b> sur tous les usages par le bâtiment	W			
$E_{ef\_elec\_AC\_coge\_mois}^{bat}$	Energie électrique totale produite <b>par les cogénérations</b> et autoconsommée <b>mensuellement</b> sur tous les usages par le bâtiment	W			

$E_{ef\_elec\_AC}^{bat}$	Energie électrique totale produite et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h (valeurs mensuelles et annuelles)	$kWh_{ef}/m^2.S_{rt}$
$E_{ef\_elec\_AC\_PV}^{bat}$	Energie électrique totale produite <b>par le PV</b> et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h (valeurs mensuelles et annuelles)	$kWh_{ef}/m^2.S_{rt}$
$E_{ef\_elec\_AC\_coge}^{bat}$	Energie électrique totale produite <b>par les cogénérations</b> et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h (valeurs mensuelles et annuelles)	$kWh_{ef}/m^2.S_{rt}$
$Q_{elecTsus\_cons}^z(h)$	Energie <b>électrique tous usages</b> consommés au niveau de la <b>zone</b> au pas de temps horaire	Wh
$Q_{elecTsus\_cons}^{bat}(h)$	Energie <b>électrique tous usages</b> consommés au niveau du <b>bâtiment</b> au pas de temps horaire	Wh
$Q_{cef\_ch}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée pour le chauffage dans le groupe au pas de temps h	Wh
$Q_{cef\_fr}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée pour le refroidissement dans le groupe au pas de temps h	Wh
$Q_{cef\_ecs}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée pour l'ecs dans le groupe au pas de temps h	Wh
$P_{elec\_ecl}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée par l'éclairage dans le groupe au pas de temps h	Wh
$W_{cef\_auxv}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et ventilateur de émetteurs) dans le groupe au pas de temps h	Wh
$W_{cef\_auxs}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de distribution dans le groupe au pas de temps h	Wh

**Tableau 3 : Nomenclature du modèle**

### 1.2.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

#### 1.2.3.1 Généralités

#### Création de la matrice croisée des consommations en énergie finale par énergie de la zone

On construit ici la matrice des consommations en énergie finale par poste et par énergie pour faciliter par la suite le traitement des données et le calcul des nouveaux indicateurs.

En kWhEF/m <sup>2</sup> /an	10 : Gaz	20 : Fioul	30 : Charbon	40 : Bois	50 : Electricité	60 : Réseau de chaleur
0 : Chauffage	$C_{ef\_ch\_gaz}^z$	$C_{ef\_ch\_fioul}^z$	$C_{ef\_ch\_cha}^z$	$C_{ef\_ch\_bois}^z$	$C_{ef\_ch\_elec}^z$	$C_{ef\_ch\_reseau\_chaleur}^z$
1 : Refroidiss.	$C_{ef\_fr\_gaz}^z$	$C_{ef\_fr\_fioul}^z$	$C_{ef\_fr\_cha}^z$	$C_{ef\_fr\_bois}^z$	$C_{ef\_fr\_elec}^z$	$C_{ef\_fr\_reseau\_chaleur}^z$
2 : ECS	$C_{ef\_ecs\_gaz}^z$	$C_{ef\_ecs\_fioul}^z$	$C_{ef\_ecs\_cha}^z$	$C_{ef\_ecs\_bois}^z$	$C_{ef\_ecs\_elec}^z$	$C_{ef\_ecs\_reseau\_chaleur}^z$

3 : Eclairage	-	-	-	-	$C_{ef\_ecl\_elec}^z$	-
4 : Auxiliaires de ventilation	-	-	-	-	$C_{ef\_auxv\_elec}^z$	-
5 : Auxiliaires de distribution	-	-	-	-	$C_{ef\_auxs\_elec}^z$	-
6 : Autres usages	-	-	-	-	$C_{ef\_AUE\_elec}^z$	-

**Tableau 4 : Matrice des consommations en énergies finales par poste et par énergie**

Les consommations des 6 premiers postes sont calculées par Th-BCE (voir fiche algorithme C\_CALC\_Calculs\_Zone).

Note : ces consommations sont notées  $C_{ef\_i\_(\text{energie})}$  ci-après. « i » correspond à une chaîne de caractères et prend dans l'ordre les valeurs « ch », « fr », « ECS », « ecl », « auxv », « auxs » et « AUE ».

#### Conventions de notations

Pour harmoniser les notations de ces nouveaux indicateurs avec la méthode Th-BCE (arrêté du 30 avril 2013), les conventions de notations suivantes seront utilisées :

<b>EF</b>	Energie Finale
<b>EP</b>	Energie Primaire
<b>C</b>	Consommations d'énergie
<b>E</b>	Production d'énergie
<sup>z</sup>	(en indice) indicateur calculé au niveau de la zone
<sup>bat</sup>	(en indice) indicateur calculé au niveau du bâtiment

**Table 1 : convention de notation**

### 1.2.3.2 Calculs préliminaires

#### Calcul horaire de la consommation électrique des autres usages

Ce calcul n'est pas effectué par cet objet, mais utilise des éléments calculés par les différentes fiches algorithmes portant sur les autres usages :

- Autres usages mobiliers -  $C_{ef\_us\_mob}^z$

Le vecteur  $C_{ef\_us\_mob}^z(h)$  contenant les 8760 valeurs horaires des consommations électriques des autres usages mobiliers, en énergie finale.

- Autres usages immobiliers
  - Consommations d'éclairage des locaux communs des bâtiments de logements collectifs  $C_{ef\_circ\_ecl}^z$
  - Consommations électriques des ascenseurs  $C_{ef\_asc}^z$
  - Consommation de l'éclairage des parkings et de la ventilation des parkings  $C_{ef\_park}^z$

$$C_{ef\_us\_immob}^z(h) = C_{ef\_asc}^z(h) + C_{ef\_park}^z(h) + C_{ef\_circ\_ecl}^z(h) \quad (20)$$

On obtient alors la consommation des autres usages par l'équation :

$$C_{ef\_AUElec}^z(h) = C_{efusimmob}^z(h) + C_{efusmob}^z(h) \quad (21)$$

Avant de pouvoir déterminer les indicateurs d'autoconsommation, on doit disposer des consommations électriques sommées pour tous les usages.

#### Calcul des consommations électriques tous usages du bâtiment par zone et pour le bâtiment (usages RT et autres usages)

On détermine ici les consommations par zone, car les facteurs d'émission de CO2 sont différents selon les usages des zones (résidentiel ou tertiaire)

Toutes les énergies finales par poste et par énergie sont disponibles en sortie de COMETH au pas de temps horaire pour les postes réglementaires.

Calculées au niveau du groupe, ces matrices sont sommées sur tous les groupes du bâtiment :

$$Q_{cef(poste,énergie)}^{bat}(h) = \sum_{gr \in bat} Q_{cef(poste,énergie)}^{gr}(h) \quad (22)$$

On s'intéresse ici uniquement à l'énergie électrique. L'énergie électrique **Tous usages** (vecteur énergétique d'indice 50) consommée par la zone puis par le bâtiment s'exprime de la manière suivante :

$$Q_{elecTsuscons}^z(h) = C_{efAUElec}^z(h) + \sum_{gr \in z} \left( \sum_{poste} [Q_{cef(poste;50)}^{gen,gr}(h)] + W_{cefauxv}^{gr}(h) + W_{cefauxs}^{gr}(h) + P_{elececl}^{gr}(h) \right) \quad (23)$$

$$Q_{elecTsus\_cons}^{bat}(h) = \sum_{z \in bat} Q_{elecTsus\_cons}^z(h) \quad (24)$$

### 1.2.3.3 Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment

#### Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment par le PV

Il convient de différencier ici :

- L'énergie produite par l'objet PV associé au bâtiment
- L'énergie produite par l'objet PV associé au projet

**Uniquement pour le label E+C-**, l'énergie électrique produite par bâtiment par les panneaux PV est la somme des énergies produites par les différentes productions photovoltaïques (niveau projet et niveau bâtiment).

Pour la production PV associée au bâtiment, on a la valeur **horaire** ci-dessous au niveau du bâtiment :

$$\Phi_{ef\_prod\_PV}^{bat}(h) = \sum_{PV \in bat} (P_{ond}^{PV}(h)) \quad (25) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef\_PV\_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} \Phi_{ef\_prod\_PV}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \quad (26) \text{ en kWh/ef/m}^2\text{Srt}$$

$$E_{ef\_PV\_annuel}^{bat} = \sum_{\text{mois}=1}^{12} (E_{ef\_PV\_m}^{bat}) \quad (27) \text{ en kWh/ef/m}^2\text{Srt}$$

Pour la production PV associée au projet, on détermine la valeur **horaire** associée à chaque bâtiment. Elle est répartie par bâtiment **au prorata des consommations électriques horaires tous usages de ce bâtiment** par rapport aux consommations électriques horaires tous usages du projet selon l'équation ci-dessous :

$$\Phi_{ef\_prod\_PV\_projet}^{bat}(h) = \sum_{PV\_projet \in projet} (P_{ond}^{PV\_projet}(h)) * \frac{Q_{electsus\_cons}^{bat}(h)}{\sum_{bat \in projet} Q_{electsus\_cons}^{bat}(h)} \quad (28) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef\_PV\_projet\_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} \Phi_{ef\_prod\_PV\_projet}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \quad (29) \text{ en kWh/ef/m}^2\text{Srt}$$

$$E_{ef\_PV\_projet\_annuel}^{bat} = \sum_{\text{mois}=1}^{12} (E_{ef\_PV\_projet\_m}^{bat}) \quad (30) \text{ en kWh/ef/m}^2\text{Srt}$$

On obtient ainsi la production **horaire** associée à toutes les productions PV (niveau bâtiment et projet), affectée au bâtiment objet du calcul.

$$\Phi_{ef\_prod\_PV\_tot}^{bat}(h) = \Phi_{ef\_prod\_PV}^{bat}(h) + \Phi_{ef\_prod\_PV\_projet}^{bat}(h) \quad (31) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef\_PV\_tot\_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} \Phi_{ef\_prod\_PV\_tot}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \quad (32) \text{ en kWh}_{ef}/m^2\text{Srt}$$

$$E_{ef\_PV\_tot\_annuel}^{bat} = \sum_{mois=1}^{12} (E_{ef\_PV\_tot\_m}^{bat}) \quad (33) \text{ en kWh}_{ef}/m^2\text{Srt}$$

### Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment par les systèmes de cogénération

L'énergie électrique produite par bâtiment par les systèmes de cogénération est la somme des énergies produites par les différentes cogénérations associées au bâtiment.

Pour la production par cogénération, on a la valeur horaire ci-dessous au niveau du bâtiment (on somme la valeur de production horaire sur l'ensemble des co-générateurs associés au bâtiment à traiter) :

$$E_{ef\_prelec}^{bat}(h) = \sum_{gr \in bat} ( \sum_{gen \in bat} E_{ef\_prelec}^{gen,gr}(h) ) \quad (34)$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef\_prelec\_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} E_{ef\_prelec}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \quad (35)$$

$$E_{ef\_prelec\_annuel}^{bat} = \sum_{mois=1}^{12} (E_{ef\_prelec\_m}^{bat}) \quad (36)$$

#### 1.2.3.4 Calcul de l'énergie électrique autoconsommée, importée et exportée

##### Calcul de l'énergie produite par les panneaux PV et les systèmes de cogénération et autoconsommée par tous les usages du bâtiment

Dans un premier temps, on calcule une énergie autoconsommée, en tenant compte de toutes les productions d'électricité (panneaux PV et cogénération), puis on répartit cette énergie autoconsommée entre les différentes productions. Ceci permettra de déterminer des taux d'autoconsommation par type de production, pour les besoins des calculs environnementaux.

On va comparer ici, au pas de temps horaire, les énergies produites par les panneaux PV et par les systèmes de cogénération aux consommations électriques tous usages du bâtiment, afin de déterminer la part autoconsommée.

On en déduit

$$E_{ef\_elec\_AC\_horaire}^{bat}(h) = \min(\Phi_{ef\_prod\_PV\_tot}^{bat}(h) + E_{ef\_prelec}^{bat}(h); Q_{elecTsus\_cons}^{bat}(h)) \quad (37) \text{ en Wh}$$

Puis on déduit l'énergie autoconsommée pour chacune des productions (panneaux PV puis cogé). La répartition est faite au prorata des productions de chaque système.

$$E_{ef\_elec\_AC\_PV\_horaire}^{bat}(h) = \frac{\Phi_{ef\_prod\_PV\_tot}^{bat}(h)}{\Phi_{ef\_prod\_PV\_tot}^{bat}(h) + E_{ef\_prelec}^{bat}(h)} * E_{ef\_elec\_AC\_horaire}^{bat}(h) \quad (38) \text{ en Wh}$$

$$E_{ef\_elec\_AC\_coge\_horaire}^{bat}(h) = \frac{E_{ef\_prelec}^{bat}(h)}{\Phi_{ef\_prod\_PV\_tot}^{bat}(h) + E_{ef\_prelec}^{bat}(h)} * E_{ef\_elec\_AC\_horaire}^{bat}(h) \quad (39) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne, pour l'électricité autoconsommée globalement, puis par système de production :

$$E_{ef\_elec\_AC}^{bat} = \frac{\int E_{ef\_elec\_AC\_horaire}^{bat}(h)}{1000 * S_{RT}} \quad (40) \text{ en kWh}_{ef}/m^2.S_{rt}$$

$$E_{ef\_elec\_AC\_PV}^{bat} = \frac{\int E_{ef\_elec\_AC\_PV\_horaire}^{bat}(h)}{1000 * S_{RT}} \quad (41) \text{ en kWh}_{ef}/m^2.S_{rt}$$

$$E_{ef\_elec\_AC\_coge}^{bat} = \frac{\int E_{ef\_elec\_AC\_coge\_horaire}^{bat}(h)}{1000 * S_{RT}} \quad (42) \text{ en kWh}_{ef}/m^2.S_{rt}$$

PS : on ne regarde pas, ici l'aspect renouvelable ou non de l'énergie produite. On entend par aspect renouvelable le fait qu'elle ait été produite à partir de sources d'énergie renouvelables.

### **Répartition par usage et par poste de l'énergie autoconsommée au niveau du bâtiment**

L'énergie électrique autoconsommée au niveau du bâtiment doit être répartie sur les différents usages de l'électricité *i*, ainsi que par zone d'usage *z* (résidentiel ou non-résidentiel).

En effet, cette énergie autoconsommée va venir en déduction de l'énergie électrique importée du réseau. Cela permettra de calculer l'impact environnemental (émissions de CO2) de ces énergies importées.

Dans le cadre de la méthode détaillée, cette répartition se fait de manière horaire, au prorata des consommations électriques de chaque poste et de chaque usage. **Pour ce faire, il faut d'abord déterminer, par poste d'usage, les consommations d'électricité horaires de chaque zone :**

Pour le chauffage (*i* = 1), le refroidissement (*i* = 2) et l'eau chaude sanitaire (*i* = 3), on utilise les formules ci-dessous, au niveau du groupe, puis de la zone pour sommer les consommations des générateurs alimentant le groupe :

$$Q_{cef\_i\_elec}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} (Q_{cef}^{gen,gr}(i;50)(h)) \quad (43)$$

$$C_{cef\_i\_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (Q_{cef\_i\_elec}^{gr}(h)) \quad (44)$$

Pour les autres postes de consommation, on utilise les formules ci-dessous, au niveau de la zone :

Auxiliaires de ventilation :

$$C_{cef\_auxv\_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (W_{cef\_auxv}^{gr}(h)) \quad (45)$$

Auxiliaires de distribution et de génération :

$$C_{cef\_auxs\_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (W_{cef\_auxs}^{gr}(h)) \quad (46)$$

Eclairage :

$$C_{cef\_ecl\_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (P_{elec\_ecl}^{gr}(h)) \quad (47)$$

Consommations des autres usages :

$C_{cef\_AUE\_elec}^z(h)$  est calculé selon la relation (21).

Les consommations horaires par zone et par poste de consommation électrique étant déterminées, on peut répartir l'énergie électrique autoconsommée sur chacun de ces postes (i).

$$E_{ef\_elec\_AC\_i\_horaire}^z = E_{ef\_elec\_AC\_horaire}^{bat} * \frac{C_{ef\_i\_elec}^z(h)}{\sum_{i \in \{poste\}, z \in bat} (C_{ef\_i\_elec}^z(h))} \quad (48) \text{ en Wh}$$

### **Calcul de l'énergie produite par les panneaux PV et les systèmes de cogénération et exportée**

L'énergie produite par le photovoltaïque et exportée (**en kWh<sub>ef</sub>/m<sup>2</sup>/an**) est donc la différence entre la production annuelle d'électricité et l'autoconsommation annuelle :

$$E_{ef\_elec\_exp\_PV\_annuel}^{bat} = E_{ef\_PV\_tot\_annuel}^{bat} - E_{ef\_elec\_AC\_PV\_annuel}^{bat} \quad (49)$$

L'énergie produite par la cogénération et exportée (**en kWh<sub>ef</sub>/m<sup>2</sup>/an**) est donc la différence entre la production annuelle d'électricité annuelle et l'autoconsommation annuelle :

$$E_{ef\_elec\_exp\_coge\_annuel}^{bat} = E_{ef\_prelec}^{bat} - E_{ef\_elec\_AC\_coge\_annuel}^{bat} \quad (50)$$

L'énergie électrique exportée au total par les panneaux PV et la cogénération s'écrit :

$$E_{ef\_elec\_exp\_annuel}^{bat} = E_{ef\_elec\_exp\_coge\_annuel}^{bat} + E_{ef\_elec\_exp\_PV\_annuel}^{bat} \quad (51)$$

La relation suivante est vérifiée :

$$E_{ef\_prelec}^{bat} + E_{ef\_PV\_tot\_annuel}^{bat} = E_{ef\_elec\_exp\_annuel}^{bat} + E_{elec\_AC\_annuel}^{bat} \quad (52)$$

### Calcul des indicateurs d'autoconsommation

On détermine ici le taux d'autoconsommation pour chacun des systèmes de production (panneaux PV et cogénération), nécessaire à l'outil Environnement pour calculer le contributeur composant (répartition de l'impact des panneaux PV et du système de cogénération au prorata de l'autoconsommation).

Concernant le PV, le taux d'autoconsommation s'exprime comme le rapport entre l'énergie autoconsommée et la production électrique des panneaux PV, que l'on détermine de manière mensuelle, et sur l'année. On tient compte ici des productions des panneaux PV associés au bâtiment, et des productions des panneaux PV décrits au niveau projet, et ramenées au bâtiment selon le paragraphe 1.1.3.3.1

$$TAC_{PV\_mois}^{bat} = 100 \times \frac{E_{ef\_elec\_AC\_PV\_mois}^{bat}}{E_{ef\_prod\_PV\_tot\_m}^{bat}} \quad (53) \text{ en } \%$$

$$TAC_{PV\_annuel}^{bat} = 100 \times \frac{E_{ef\_elec\_AC\_PV\_annuel}^{bat}}{E_{ef\_prod\_PV\_tot\_annuel}^{bat}} \quad (54) \text{ en } \%$$

Concernant la cogénération (assurant le chauffage, l'ECS ou les deux) on détermine deux taux d'autoconsommation :

- Un taux d'autoconsommation purement électrique
- Un taux d'autoconsommation global (incluant l'énergie électrique et le combustible).

#### Taux d'autoconsommation électrique :

Comme pour le PV, il s'agit du rapport entre l'énergie électrique produite par la cogénération et autoconsommée, et la production d'électricité totale par la cogénération.

$$TAC_{Coge\_elec\_mois}^{bat} = 100 \times \frac{E_{ef\_elec\_AC\_Coge\_mois}^{bat}}{E_{ef\_prelec\_mois}^{bat}} \quad (55) \text{ en } \%$$

$$TAC_{coge\_elec\_annuel}^{bat} = 100 \times \frac{E_{ef\_elec\_AC\_coge\_annuel}^{bat}}{E_{ef\_prelec\_annuel}^{bat}} \quad (56) \text{ en } \%$$

#### Taux d'autoconsommation global (électrique et chaleur) pour la détermination de l'impact environnemental :

On détermine ici un taux d'autoconsommation global pour la cogénération qui prend en compte l'électricité mais aussi la chaleur. Ce taux est utilisé pour déterminer la part de l'impact environnemental de la cogénération qui est à supporter par le bâtiment.

Pour ce faire, on vient sommer ici artificiellement des consommations électriques et non électriques (gaz ou bois par exemple pour la cogénération). Puis on calcule un taux d'autoconsommation en divisant les énergies autoconsommées (électrique et gaz, cette dernière étant ici supposée autoconsommée à 100%) par les consommations d'énergie (électricité produite et chaleur fournie, cette dernière étant donc identique à la valeur du numérateur).

La consommation de la cogénération prise en compte dans les calculs de la méthode détaillée du label E+C- est la suivante :

Pour tous les objets générateurs à combustion tels que  $Is_{cogénération} = 1$  (un module de cogénération est présent) :

$$C_{ef_{comb\_tot}}^{cogé,bat} = \frac{C_{ef\_ch\_comb\_annuel}^{coge,bat} + C_{ef\_ECS\_comb\_annuel}^{coge,bat}}{S_{RT}^{bat} * 1000} \quad (57)$$

$$C_{ef_{comb\_tot}}^{bat} = \sum_{coge \in bat} C_{comb\_tot}^{coge,bat} \quad (58)$$

On en déduit alors le taux d'autoconsommation globale de la cogénération qui permet d'évaluer la part du système cogénération imputable au bâtiment d'un point de vue impact environnemental :

$$TAC_{coge\_annuel}^{bat} = 100 - \frac{(100 - TAC_{coge\_elec\_annuel}^{bat}) * E_{ef\_prelec}^{bat}}{C_{ef_{comb\_tot}}^{bat}} \quad (59)$$

Où :

$C_{ef_{comb\_tot}}^{bat}$  est la quantité de combustible totale annuelle consommée par les cogénérateurs du bâtiment, calculée selon Th-BCE en kWhEF/m<sup>2</sup>SRT/an, au niveau du bâtiment.

### Impact sur les consommations d'énergie finale de la cogénération pour prise en compte dans le bilan BEPOS

Pour le bilan BEPOS, on retranche aux consommations d'énergie primaire non renouvelables, la part d'énergie exportée et produite de manière renouvelable.

Pour la cogénération, on vient diminuer la consommation d'énergie fossile de la part d'énergie finale utilisée pour produire de l'électricité exportée.

Ainsi, la consommation d'énergie finale pour tous les objets générateurs à combustion tels que  $Is_{cogénération} = 1$  (un module de cogénération est présent) du bâtiment est calculée selon la formule suivante :

$$C_{ef_{comb\_final}}^{bat,cogé} = C_{ef_{comb\_tot}}^{bat,cogé} - \frac{(100 - TAC_{coge\_elec\_annuel}^{bat})}{100} * E_{ef\_prelec}^{bat} \quad (60)$$

Où :

$C_{ef_{comb\_tot}}^{bat,cogé}$  est la quantité de combustible totale annuelle consommée par la cogénération, calculée selon Th-BCE en kWhEF/m<sup>2</sup>SRT/an, au niveau du bâtiment.

$E_{ef\_prelec}^{bat}$  est la quantité totale d'électricité produite par la cogénération, calculée selon Th-BCE et est exprimée en kWhEF/m<sup>2</sup>.an.

### Préalable - Calcul de la matrice des énergies importées par usage et par zone

Comme indiqué plus haut, il convient ici de déterminer l'énergie importée sur la parcelle et consommée par le bâtiment.

Pour chaque poste de consommation  $i$  et pour chaque type d'énergie, l'énergie finale est calculée en déduisant l'énergie autoconsommée de la consommation d'énergie finale de l'usage  $i$  calculée selon Th-BCE pour les usages RT 2012 et pour les Autres Usages mobiliers et immobiliers.

Pour les énergies autres que l'électricité, il n'y a pas d'autoconsommation. Les énergies importées au niveau de la zone sont donc identiques aux consommations. On viendra cependant déduire par la suite les consommations de combustible de la cogénération ayant servi à produire l'électricité exportée.

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (61)

$$C_{ef\_gaz\_imp\_i\_annuel}^z = C_{ef\_i\{energie=10\}}^z$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (62)

$$C_{ef\_fod\_imp\_i\_annuel}^z = C_{ef\_i\{energie=20\}}^z$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (63)

$$C_{ef\_cha\_imp\_i\_annuel}^z = C_{ef\_i\{energie=30\}}^z$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (64)

$$C_{ef\_bois\_imp\_i\_annuel}^z = C_{ef\_i\{energie=40\}}^z$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (65)

$$C_{ef\_rdc\_imp\_i\_annuel}^z = C_{ef\_i\{energie=60\}}^z$$

Pour l'électricité, on vient donc déduire les énergies autoconsommées :

Pour  $i \in \{0, 6\}$  (66)

$$C_{ef\_elec\_imp\_i\_annuel}^z = C_{ef\_i\{energie=50\}}^z - (E_{ef\_elec\_AC\_PV\_i\_annuel}^z + E_{ef\_elec\_AC\_i\_coge}^z)$$

De plus, on calcule les consommations importées **par type de combustible bois**, pour pouvoir évaluer les émissions de CO2 :

Pour tous les objets « Générateur\_Combustion »,

$$C_{ef\_boisgran\_imp\_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef\_bois_{poste;type\_comb=0-granulés}}(h)\}}{SRT^z * 1000} \quad (67)$$

$$C_{ef\_boisbuch\_imp\_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef\_bois_{poste;type\_comb=1-buches}}(h)\}}{SRT^z * 1000} \quad (68)$$

$$C_{ef\_boisplaq\_imp\_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef\_bois_{poste;type\_comb=2-plaquettes}}(h)\}}{SRT^z * 1000} \quad (69)$$

Pour tous les objets « Poêles\_Inserts »

$$C_{ef\_boisgranpoel\_imp\_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_{poste;en=40:bois;type\_comb=0-granulés}}(h)\}}{SRT^z * 1000} \quad (70)$$

$$C_{ef\_boisbuchpoel\_imp\_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_{poste;en=40:bois;type\_comb=1-bûches}}(h)\}}{SRT^z * 1000} \quad (71)$$

$$C_{ef\_boisplaqpoel\_imp\_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_{poste;en=40:bois;type\_comb=2-plaq}}(h)\}}{SRT^z * 1000} \quad (72)$$

Ces valeurs sont remontées au niveau du bâtiment :

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (73)

$$C_{ef\_gaz\_imp\_i\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_gaz\_imp\_i\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (74)

$$C_{ef\_fod\_imp\_i\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_fod\_imp\_i\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (75)

$$C_{ef\_cha\_imp\_i\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_cha\_imp\_i\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (76)

$$C_{ef\_bois\_imp\_i\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_bois\_imp\_i\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

Pour  $i \in \{0, 6\}$  (77)

$$C_{ef\_elec\_imp\_i\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_elec\_imp\_i\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

Pour  $i \in \{0, 2\}$  (78)

$$C_{ef\_rdc\_imp\_i\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_rdc\_imp\_i\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

Il en est de même pour les consommations de bois, par type de combustible :

$$C_{ef\_boisgran\_imp\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_boisgran\_imp\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$
 (79)

$$C_{ef\_boisbuch\_imp\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_boisbuch\_imp\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$
 (80)

$$C_{ef\_boisplaq\_imp\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_boisplaq\_imp\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$
 (81)

$$C_{ef\_boisplaqpoel\_imp\_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef\_boisplaqpoel\_imp\_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$
 (82)

#### Déduction pour la cogénération :

Selon le référentiel E+C-, on déduit des énergies importées la consommation de combustible de la cogénération ayant servi à produire de l'électricité.

Par hypothèse, cette correction est faite pour l'énergie de la première cogénération du bâtiment. Par exemple, si on a une cogénération bois plaquettes, ce correctif impactera la consommation de chauffage bois plaquettes.

Avec *Type\_combustible* le type de combustible bois (parmi bois plaquettes, bois buches ou bois granulés) utilisé (ou pas – sans objet – on considère alors que la cogénération utilise du gaz), on pose :

$$C_{ef\_Energie\_imp\_ch\_annuel}^{bat} = (C_{ef\_comb\_ch\_tot}^{bat} - C_{ef\_comb\_ch\_final}^{bat}) * \frac{C_{ef\_comb\_ch\_tot}^{bat,cogé}}{C_{ef\_comb\_tot}^{bat,cogé}}$$
 (83)

$$C_{ef\_Energie\_imp\_ecs\_annuel}^{bat} = (C_{ef\_comb\_ecs\_tot}^{bat} - C_{ef\_comb\_ecs\_final}^{bat}) * \frac{C_{ef\_comb\_ecs\_tot}^{bat,cogé}}{C_{ef\_comb\_tot}^{bat,cogé}}$$
 (84)

Il convient ensuite de répartir cette déduction au niveau des **consommations importées par zones**, pour les besoins des calculs environnementaux. Cette déduction est alors réalisée au prorata des consommations concernées de chaque zone par rapport aux consommations du bâtiment.

$$C_{ef\_Energie\_imp\_ch\_annuel}^z = (C_{ef\_comb\_ch\_tot}^{bat} - C_{ef\_comb\_ch\_final}^{bat}) * \frac{C_{ef\_Energie\_imp\_ch\_annuel}^z}{C_{ef\_Energie\_imp\_ch\_annuel}^{bat}}$$
 (85)

$$(86)$$

$$C_{ef\_Energie\_imp\_ecs\_annuel}^z -$$
$$= (C_{ef\_comb\_ecs\_tot}^{fbat} - C_{ef\_comb\_ecs\_final}^{fbat}) * \frac{C_{ef\_Energie\_imp\_ecs\_annuel}^z}{C_{ef\_Energie\_imp\_ecs\_annuel}^{bat}}$$

### 1.3 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES DES EQUIPEMENTS MOBILIERS (AUTRES USAGES, EN METHODE HORAIRE)

#### 1.3.1 INTRODUCTION

Les équipements mobiliers regroupent tous les appareils absents à la livraison du bâtiment et consommant de l'énergie électrique : équipements bureautiques, électroménagers, appareils domestiques... à l'exception des dispositifs d'éclairage mobiliers déjà comptabilisés partiellement dans la méthode Th-BCE pour certains types de locaux (aires de vente, bureaux).

Ces consommations n'incluent pas les consommations des équipements immobiliers non comptabilisées dans les indicateurs de la RT2012 (ascenseur, parkings, éclairage des parties communes). Par convention, les consommations électriques des équipements mobiliers sont considérées égales aux valeurs d'apports internes de chaleur non dus aux occupants.

#### 1.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	conv
C_EIN_Scénarios conventionnels	Usage <sup>z</sup>	Type d'usage de la zone n°z				
	Q <sub>max_proc</sub> <sup>loc</sup>	Apport maximal de chaleur interne lié aux équipements mobiliers du local	W/m <sup>2</sup>	≥0		
	t <sup>a</sup> <sub>ch (m,s)</sub>	Ratio d'apports internes de chaleur lié à la consommation des équipements mobiliers du local par mois/semaine	Réel	0	1	
	t <sup>s</sup> <sub>ch (j,h)</sub>	Ratio d'apports internes de chaleur liée à la consommation des équipements mobiliers du local par jour/heure	Réel	0	1	
	A <sup>loc</sup>	Surface utile de chaque local d'indice loc constituant la zone z	m <sup>2</sup>	≥0		
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	C <sup>z</sup> <sub>ef_us_mob (h)</sub>	Consommation électrique des usages mobiliers de la zone au pas de temps horaire	Wh			
	C <sup>z</sup> <sub>ef_us_mob_annue</sub>	Consommation électrique annuelle des usages mobiliers de la zone en énergie finale par m <sup>2</sup> de S <sub>RT</sub>	kWh/m <sup>2</sup> . S <sub>RT</sub>			
Variables internes						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	C <sup>loc</sup> <sub>ef_us_mob (h)</sub>	Consommation électrique des usages mobiliers du local au pas de temps horaire	Wh			

Tableau 5 : Nomenclature du modèle

### 1.3.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La consommation électrique du local d'indice loc est calculée de la même manière que les apports internes de chaleur associés aux équipements mobiliers dans la méthode Th-BCE :

$$C_{ef\_us\_mob}^{loc}(h) = A^{loc} \cdot Q_{max\_proc}^{loc} \cdot t_{ch(m,s)}^a \cdot t_{ch(j,h)}^s \quad (87)$$

La consommation électrique totale des usages mobiliers de la zone est la somme des consommations de chaque local :

$$C_{ef\_us\_mob}^z(h) = \sum_{loc \in z} C_{ef\_us\_mob}^{loc}(h) \quad (88)$$

Enfin, la consommation annuelle des usages mobiliers de la zone s'obtient par sommation sur l'année :

$$C_{ef\_us\_mob\_annuel}^z = \sum_{h=1}^{8760} C_{ef\_us\_mob}^z(h) \quad (89)$$

## 1.4 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS DES ASCENSEURS DU BATIMENT

### 1.4.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation électrique annuelle en énergie finale des ascenseurs (une unique cabine ou un ensemble de cabines) dans un bâtiment. Puis, un module de post-traitement en dérive le profil horaire de consommation électrique pour chaque cabine d'ascenseur.

La méthode est structurée autour de :

- une description technologique de chaque cabine d'ascenseur qui comprend la description du scénario de mise en veille. Il peut y avoir plusieurs cabines dans le bâtiment ;
- une estimation du nombre de voyages par an pour tout le bâtiment (le bâtiment peut être multizone) ;
- une estimation du nombre de voyages par an et par cabine ;
- une modélisation de l'usage moyen annuel en termes de nombre de démarrages et de courses moyennes ;
- un calcul de la consommation électrique totale annuelle par cabine, découpé en une phase de mobilité et une phase d'immobilité ;
- une distribution de la consommation électrique annuelle en consommations horaires à l'aide de l'introduction d'une caractéristique de mobilité par zone et reprenant les formats de description des scénarios d'usage de la méthode Th-BCE 2012.

Plus précisément pour chaque ascenseur présent dans le bâtiment, l'utilisateur renseigne :

- TechMac : typologie d'ascenseur (quatre technologies sont disponibles dont une technologie par défaut (« Autre ») ;
- Q : la masse utile de la cabine, au sens de EN81-1 ;
- V : la vitesse nominale, au sens de EN81-1 ;
- H : la course de la machine qui peut le cas échéant inclure un ou plusieurs sous-sols ;
- netage : le nombre d'étages desservis. Si la cabine dessert un R+4 sans sous-sol netage = 4, si la cabine dessert en R+4 avec un sous-sol netage = 5 ;
- Cp : l'équilibrage de la machine (caractérisant la masse du contrepoids) dont une valeur par défaut est disponible ;
- ScVeille : Scénarisation de la mise en veille de la cabine, par défaut cette veille n'existe pas ;
- C : la connectivité des cabines avec chaque zone du bâtiment (c.-à-d., si la cabine dessert ou pas les zones).

La méthode calcule les sorties suivantes :

- la consommation électrique annuelle en énergie finale pour chaque cabine ainsi que sa décomposition en deux postes de consommation : mobilité et immobilité ;
- la puissance active moyenne horaire par cabine et par zone ;
- le nombre estimé de démarrages par an ;
- la durée en moyenne par jour de mobilité.

Elle ne prend pas en compte :

- les consommations (aéroulrique et éclairage) associées au conduit ;
- les ascenseurs à récupération d'énergie, toutefois le modèle pourrait être étendu à ces technologies.

### 1.4.2 NOMENCLATURE DU MODELE

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

#### Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
C_EIN_Scénarios conventionnels	Usage <sub>z</sub>	Type d'usage de la zone n°z	-
	N <sup>l</sup> occ_nom	Densité du local n°l	-
	Nadeq	Nombre d'adulte équivalent (typologie logement)	-
	Rat <sup>l</sup> loc	Ratio de surface utile du local l/surface utile de la zone	-
	p <sup>a</sup> occ	Indicateur d'occupation de la zone par mois semaine	-
	p <sup>s</sup> occ	Indicateur d'occupation de la zone par semaine heure	-
	t <sup>a</sup> occ	Facteur correctif du taux d'occupation du local par mois semaine	-
	t <sup>s</sup> occ	Facteur correctif du taux d'occupation du local par jour heure	-
	Az	Surface de la zone n°z du bâtiment	m <sup>2</sup>

#### Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	TechMac	Type de technologie : ENUM 0 -> « Traction avec réduction » 1 -> « Traction sans réduction » 2 -> « Hydraulique » 3 -> « Autre »	-	0	3	
	Q	Charge utile de la cabine	kg	75	+ ∞	
	V	Vitesse nominale de la cabine	m/s	0	2,5	
	Cp	Équilibrage de la cabine Si TechMac = 2 -> « Hydraulique » Alors Cp = -1,2	-	-1,2	0,5	
	ScVeille	Le scénario de mise en veille est connu (0 -> non ou 1 -> oui)	-	0	1	
	Pti	Puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile) telle que mesurée après la fermeture des portes	W	0	+ ∞	

dP1	Premier décrétement de la puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	0	+ ∞
T1	Durée avant premier décrétement de la puissance de veille à partir de la fermeture des portes	s	0	+ ∞
dP2	Second décrétement de la puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	0	+ ∞
T2	Durée avant second décrétement de la puissance de veille à partir du premier décrétement de puissance de veille	s	0	+ ∞

### Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
H	Course de l'ascenseur	m <sup>2</sup>	0	+ ∞	
netage	Nombre d'étages desservis par l'ascenseur (ne compte pas le point bas, c.-à-d., si R+4 sans sous-sol alors netage = 4 ; si R+4 avec sous-sol alors netage = 5)	-	2	+ ∞	
C	Listes des zones desservies par l'ascenseur	-	1	+ ∞	

### Variables internes

Nom	Description	Unité
Ndem	Nombre de démarrages par an de la cabine d'ascenseur	-
a	Accélération moyenne en phase de démarrage et de freinage pour la cabine d'ascenseur	m/s <sup>2</sup>
Ch	Coefficient de hauteur pour la cabine d'ascenseur	-
rg	Rendement global pour la chaîne de traction de la cabine d'ascenseur	-
P	Masse à vide de la cabine (au sens de EN81-1) d'ascenseur	kg
G	Masse du contrepoids (au sens de EN81-1) pour l'ascenseur	kg
Mi	Masse d'inertie équivalente pour la cabine d'ascenseur	kg
Tmob	Durée de la mobilité dans l'année pour la cabine d'ascenseur	s
Timmob_n	Durée d'immobilité pendant la nuit pour la cabine d'ascenseur	s

Timmob_j	Durée d'immobilité pendant le jour pour la cabine d'ascenseur	s
X	Charge transportée par la cabine d'ascenseur par rapport à la charge nominale Q de la cabine d'ascenseur (si X = 0 -> cabine vide, si X = 1 -> cabine transportant sa capacité nominale Q)	-
Q	Masse utile affectée à la zone du bâtiment	kg
NB	Nombre de personnes maximum dans la zone	.
BV	Besoin de voyages par personne par an pour la zone	./p/an
BVNB	Besoin de voyages annuel du bâtiment affecté à la cabine d'ascenseur	/an
F(X)	Masse de la cabine de l'ascenseur avec une charge transportée X	kg
direction	Direction du voyage de la cabine d'ascenseur (direction = « haut » si la cabine d'ascenseur monte, direction = « bas » si la cabine descend)	-
U	Tableau (vecteur de 365 x 24 composantes scalaires) décrivant la mobilité de la cabine d'ascenseur	-
Fmob	Indicatrice horaire de mobilité de la cabine d'ascenseur (vecteur de 365 X 24 composantes scalaires)	-
Fimob	Indicatrice horaire d'immobilité de la cabine d'ascenseur (vecteur de 365 X 24 composantes scalaires)	-

## Sorties

Nom	Description	Unité
Eti	Consommation annuelle totale en immobilité	Wh
Etm	Consommation annuelle totale en mobilité	Wh
Etot	Consommation annuelle totale	Wh
C <sub>ef_asc</sub> <sup>z</sup> (h)	Consommation électrique horaire en énergie finale des ascenseurs de la zone n°z	Wh
Emoy	Consommation annuelle consommée par la chaîne de traction de l'ascenseur pendant la phase de mobilité	Wh
Tmobh	Durée moyenne (base annuelle) de déplacement par jour de l'ascenseur	h

NDem	Nombre estimé de démarrages annuel de l'ascenseur	-
Pcab	Consommation électrique horaire (vecteur de 24x365 valeurs) de la cabine d'ascenseur	W

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
g	Accélération terrestre	m <sup>2</sup> /s	9,81
Eporte	Consommation forfaitaire d'un cycle ouverte/fermeture d'une porte	J	1188
deco	Coefficient multiplicateur de la charge utile pour obtenir la masse réelle de la cabine	.	1,2
Tempec	Temporisation de la veille de l'éclairage cabine	s	13
Mpass	Masse conventionnelle d'un passager	kg	120
Pveilleporte	Puissance de veille de l'opérateur de porte	W	75
Cf	Coefficient de frottement	m/s <sup>2</sup>	0,45
Cor_Ch	Facteur multiplicatif (empirique) du coefficient de hauteur	-	1,1
Cor_Emobcab	Facteur multiplicatif (empirique) de l'énergie de mobilité de la cabine	-	0,9
Bv(k)	Besoin de voyage par personne par an fonction de la typologie d'usage du bâtiment repérée par l'indice k. Les usages du bâtiment sont ceux de Th-BCE 2012	/an/p	
Rg(TechMac)	Tableau de rendement global des ascenseurs en fonction des typologies repéré par TechMac	.	
Ac(V)	Tableau des accélérations au freinage et au démarrage des cabines en fonction de la vitesse nominale V	m2/s	
Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composante scalaire) décrivant la mobilité des cabines induite par la zone k		
Cp(TechMac)	Tableau des coefficients d'équilibrage des cabines en fonction de la typologie repérée par TecMac		
Pec(Q)	Tableau des puissances d'éclairage installée dans les cabines en fonction de la charge utile Q.		
Pman(etat)	Puissance appelée par la manœuvre en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)		

Pboutonpal(etat)	Puissance appelée par un bouton de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)
Pindpal(etat)	Puissance appelée par un indicateur de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)
Pindcab(etat)	Puissance appelée par les boutons et l'indicateur de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)
Pfrein(etat)	Puissance appelée par le frein en fonction de l'état la cabine (mobile/immobile)
Palarm(etat)	Puissance appelée par l'alarme et la télésurveillance en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)
S(direction,X)	Spectre de charge fonction de la charge <b>X</b> et de la <b>direction</b> (haut/bas).

**Tableau 6 : Nomenclature des différentes variables du modèle**

### 1.4.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

#### 1.4.3.1 Généralités

La description est séquentielle.

Pour toute la suite  $z$  est un indice repérant toutes les zones, au sens de Th-BCE 2012, existant dans le bâtiment.

Pour toute la suite  $i$  est un indice repérant toutes les cabines d'ascenseurs présentes dans le bâtiment.

Le plan de la description mathématique du modèle est le suivant :

- Tout d'abord les constantes (tableaux et scalaires) propres à la méthode sont définies au §1.4.3.2,
- On introduit ensuite les valeurs par défaut des paramètres intrinsèques au §1.4.3.3,
- On propose ensuite une étape de calcul des variables intermédiaires en §1.4.3.4, puis des sorties annuelles en §1.4.3.5,
- Enfin, on calcule les sorties au pas horaire pour chaque cabine et chaque zone en §1.4.3.6.

#### 1.4.3.2 Définition des constantes du module

Cette partie introduit l'ensemble des constantes et hypothèses de calcul des consommations des ascenseurs. Ces constantes sont applicables à toutes les cabines :

- Accélération terrestre,  $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$  ;
- Énergie d'une ouverture fermeture de porte,  $E_{\text{porte}} = 1188 \text{ [J]}$  ;
- Ratio de masse pour la décoration,  $\text{deco} = 1,2 \text{ [-]}$  ;
- Temporisation de l'éclairage de cabine,  $\text{Tempec} = 120 \text{ [s]}$  ;
- Masse conventionnelle d'un passager,  $M_{\text{pass}} = 75 \text{ [kg]}$  ;
- Puissance de veille de l'opérateur de porte,  $P_{\text{veilleporte}} = 13 \text{ [W]}$  ;
- Coefficient de frottement,  $C_f = 0,45 \text{ [m/s}^2\text{]}$  ;

- Facteur multiplicatif du coefficient de hauteur, Cor\_Ch = 1,1 [-];
- Facteur multiplicatif de l'énergie de mobilité, Cor\_Emobcab = 0,9 [-].

**Besoin de voyages par an, par personne et par usage de bâtiment Bv**

Bv(k) est un tableau définit explicitement ci-dessous dans la seconde colonne, où k repère la typologie d'usage au sens de Th-BCE 2012 (chapitre 2.2.1.3 de la méthode Th-BCE 2012), laquelle est explicitée dans la première colonne.

Usage de la zone, k	Bv(k)
Logement collectif	1582,4
Bureaux	1731,9
Commerce magasin zone commerciale	4158
Crèche / Garderie	924
Enseignement primaire	804
Enseignement secondaire jour	1206
Enseignement secondaire nuit	804
Enseignement universitaire	1608
Foyer jeune travailleur	980
Cité universitaire	804
Établissement sanitaire avec hébergement	2190
Établissement sportif scolaire	402
Établissement sportif municipal et privé	2680
Hôpital partie jour	4380
Hôpital partie nuit	2920
Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	2920
Hôtel 2* (partie nuit)	2920
Hôtel 0*, 1* et 2* (partie nuit)	2920
Hôtel 3*, 4* et 5* (partie nuit)	2920
Hôtel 3* (partie nuit)	2920
Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	2920
Industrie – 3×8h	2190
Industrie – 8h à 18h	1040
Restaurant 1 repas/jour	510
Restaurant scolaire 1 repas/jour 5 jours/7	402
Restaurant 2 repas/jour 6 jours/7	1248
Restaurant 1 repas/jour 5 jours/7	1460
Restaurant scolaire 3 repas/jour 5 jours/7	1206
Restaurant continu	2190
Transport aérogare	7665
Tribunal	520

**Tableau 7 : Besoin de voyages Bv par an, par personne et par usage de bâtiment en fonction de l'usage de la zone**

**Rendement global  $R_g$  des chaînes de traction des cabines**

$R_g(\text{TechMac})$  est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque TechMac (la typologie de l'ascenseur) qui peut prendre quatre valeurs possibles : 0 -> « Traction avec réduction », 1 -> « Traction sans réduction », 2 -> « Hydraulique » ou 3 -> « Autre ».

Typologie de l'ascenseur, TechMac	Traction avec réduction	Traction sans réduction	Hydraulique	Autre
Rendement global, $R_g(\text{TechMac})$	0,6	0,8	0,29	0,6

**Tableau 8 : Rendement global  $R_g$  des chaînes de traction des cabines en fonction de la typologie d'ascenseur TechMac**

**Accélération  $A_c$  des cabines**

$A_c(V)$  est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque V pouvant être compris dans trois gammes de vitesse nominale.

	Vitesse nominale, V [m/s]	$V \in [0,1]$	$V \in ]1,2]$	$V \in ]2,2,5]$
Accélération, $A_c(V)$ [m/s <sup>2</sup> ]	Électrique	0,5	0,8	1,2
	Hydraulique	0,5	0,8	1,2

**Tableau 9 : Accélération  $A_c$  des cabines en fonction de la vitesse nominale V**

**Coefficient d'inertie  $\alpha$  des cabines**

$\alpha(\text{TechMac})$  est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque TechMac (la typologie de l'ascenseur) peut prendre quatre valeurs possibles : 0 -> « Traction avec réduction », 1 -> « Traction sans réduction », 2 -> « Hydraulique » ou 3 -> « Autre ».

Typologie de l'ascenseur, TechMac	Traction avec réduction	Traction sans réduction	Hydraulique	Autre
Coefficient d'inertie, $\alpha(\text{TechMac})$	6	0	0	6

**Tableau 10 : Coefficient d'inertie  $\alpha$  des cabines en fonction de la typologie d'ascenseur TechMac**

**Coefficient d'équilibrage  $C_p$  des cabines**

$C_p(\text{TechMac})$  est une fonction, explicitement définie par le tableau suivant, du paramètre intrinsèque TechMac qui peut prendre quatre valeurs possibles : 0 -> « Traction avec réduction », 1 -> « Traction sans réduction », 2 -> « Hydraulique » ou 3 -> « Autre ».

Typologie de l'ascenseur, TechMac	Traction avec réduction	Traction sans réduction	Hydraulique	Autre
Coefficient d'équilibrage, $C_p(\text{TechMac})$	0,5	0,5	-1,2	0,5

**Tableau 11 : Coefficient d'équilibrage  $C_p$  des cabines en fonction de la typologie d'ascenseur TechMac**

Note : si TechMac = 2 -> « Hydraulique »,  $C_p(\text{TechMac}) = -1,2$  devient une valeur obligatoire (non demandée à l'utilisateur).

**Puissance d'éclairage de cabine Pec par défaut**

La valeur de Pec(Q) est obtenue dans le tableau à une dimension ci-dessous en fonction de la charge utile Q (paramètre intrinsèque) :

Charge utile, Q [kg]	Puissance d'éclairage néon [W]
De 75 à 630 kg (inclus)	140
De 630 (exclu) à 1275 kg (inclus)	210
Plus de 1275 kg (exclu)	280

**Tableau 12 : Puissance par défaut d'éclairage de cabine Pec en fonction de la charge utile Q**

**Puissance par défaut appelée par les auxiliaires**

La valeur par défaut de Pti, puissance électrique absorbée par les auxiliaires au cours des périodes d'immobilité, Pti est définie à partir de la somme des composantes ci-dessous :

	Pour un ascenseur immobile
Manœuvre: <b>Pman</b> (W)	75
Un bouton de palier : <b>Pboutonpal</b> (W)	0
Un indicateur de palier : <b>Pindpal</b> (W)	2
Boutons et indicateur de palier en cabine : <b>Pindcab</b> (W)	5
Frein de cabine : <b>Pfrein</b> (W)	0
Alarme et télésurveillance : <b>Palarm</b> (W)	10

**Tableau 13 : puissance par défaut des auxiliaires de cabine en période d'immobilité**

**Tableau Uk de mobilité des cabines par type de zone k**

Le vecteur mobilité Uk (365 x 24 composantes) est décrit pour chaque type de zone k suivant le même principe que pour de l'occupation par zone dans la méthode Th-BCE 2012 :

- un tableau décrivant une pseudo période d'une semaine (n° heure , n° jour)
- la pseudo période de une semaine est modulée par un facteur multiplicatif décrit dans un tableau par (n° mois, n° semaine dans le mois)
- tout comme pour les scénarii d'usage un dernier jour de l'année est ajouté au mois de décembre et ce dernier jour est un Lundi.

La multiplication (même algèbre que pour les scénarii) de ces deux tableaux définit numériquement le vecteur Uk.

Ces indices de mobilités sont donnés pour quelques typologies d'usage ci-dessous :

mobilité		scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
jour V / heure >	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00	

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5			1		1				1				1

**Tableau 14 : définition numérique du vecteur de mobilité Uk pour l'usage Habitation - Logement collectif.**

mobilité		scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
jour V / heure >	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	0,5
5			1		1				1				1

**Tableau 15 : définition numérique du vecteur de mobilité Uk pour l'usage Bureaux.**

mobilité		scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
jour V / heure >	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5			1		1				1				1

**Tableau 16 : définition numérique du vecteur de mobilité Uk pour les usages Hôtel.**

**Spectre de charges S des cabines**

S(direction, X) est une fonction, défini explicitement par le tableau à deux dimensions ci-dessous, de deux variables internes :

- direction est une variable discrète à deux valeurs possibles : « haut » et « bas » ;
- X est une variable discrète à 5 valeurs possibles : {0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1}.

Note : X représente le ratio de la charge embarquée sur la charge nominale.

	X	S(direction,X)
Direction = bas	1	0
	0,75	0,1
	0,5	0,1
	0,25	0,3
	0	0,5
Direction = haut	1	0
	0,75	0,1
	0,5	0,1
	0,25	0,3
	0	0,5

**Tableau 17 : Spectre de charges S des cabines**

### 1.4.3.3 Définition des valeurs par défaut des paramètres intrinsèques

Les paramètres intrinsèques Q, V, TechMax et Cp ne peuvent pas être définis par défaut.

Les paramètres  $Pt_i^i$ ,  $dP1^i$ ,  $T1^i$ ,  $dP2^i$  et  $T2^i$  peuvent par contre être définis par défaut si l'utilisateur fixe ScVeille à 0 (scénario de mise en veille non-connu). Les valeurs par défaut adoptées sont alors les suivantes :

#### Valeur par défaut $Pt_i$

$$Pt_i^i = P_{man}(immobile) + (netage + 1) \cdot [P_{boutonpal}(immobile) + P_{indpal}(immobile)] + P_{frein}(immobile) + P_{veilleporte} + P_{incab}(immobile) + P_{ec}(Q_i) + P_{alarm}(immobile) \quad (90)$$

#### Valeur par défaut de $dP1$

$$dP1^i = 0 \text{ W} \quad (91)$$

Note: cette valeur signifie qu'il n'y a pas de décrétement de puissance quand la cabine est à l'arrêt.

#### Valeur par défaut $T1$

$$T1^i = 86 \ 400 \text{ s} \quad (92)$$

#### Valeur par défaut $dP2$

$$dP2^i = 0 \text{ W} \quad (93)$$

Note : cette valeur signifie qu'il n'y a pas de décrétement de puissance n°2 quand la cabine est à l'arrêt

#### Valeur par défaut $T2$

$$T2^i = 86 \ 400 \text{ s} \quad (94)$$

### 1.4.3.4 Calcul des variables intermédiaires par cabine

Le présent paragraphe décrit le calcul de toutes les variables intermédiaires nécessaires au calcul de la consommation d'une cabine d'ascenseur d'indice i.

#### Nombre de démarrages annuels, $N_{dem}^i$ , pour la cabine n°i

##### Etape 1

Pour toutes les zones n°z du bâtiment :

- calcul de la masse utile  $Q_z$  affectée à la zone n°z :

$$Q_z = \sum_i Q^i \cdot C(i, z) \quad (95)$$

- calcul du nombre de personnes  $NB_z$ , dans la zone n°z :

$$NB_z = \text{Max}_{\text{année}} (\sum_{l=1}^{\text{nb locaux dans zone } z} N_{occ}^l) \quad (96)$$

avec  $N_{occ}^l$  nombre d'occupants conventionnels calculé dans le chapitre C\_EIN du module Scénario conventionnel de la méthode Th-BCE 2012.

- calcul de  $BV_z$ , besoin de voyage par personne et annuel pour la zone n°z :

$$BV_z = BV(k) \quad (97)$$

avec k la typologie d'usage de la zone n°z.  
Fin de la boucle portant sur les zones du bâtiment.

### Etape 2

Pour toutes les cabines n°i du bâtiment :

- calcul de  $BVNB^i$ , besoin de voyage annuel affecté à l'ascenseur n°i :

$$BVNB^i = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} BV_z \cdot NB_z \quad (98)$$

Note : la sommation porte sur toutes les zones n°z du bâtiment.

- calcul du nombre de démarrages annuel  $Ndem^i$  associé à la cabine n°i :

$$Ndem^i = \frac{BVNB^i \cdot M_{pass}}{Q^i \cdot 0,2} \quad (99)$$

$$\sum_{direction, X} X \cdot S(direction, X) = 0,2 \quad (100)$$

### **Accélération $a^i$ de la cabine n°i**

$$a^i = Ac(V^i) \quad (101)$$

### **Coefficient de hauteur $Ch^i$ de la cabine n°i**

$$Ch^i = \frac{netage^i + 1}{netage^i + 2} \cdot Cor_{ch} \quad (102)$$

Le facteur multiplicatif empirique  $Cor_{Ch}$  est une constante fixée à 1,1.

### **Rendement global de la cabine n°i**

$$rg^i = rg(TechMac^i) \quad (103)$$

### **Masse à vide $P^i$ de la cabine n°i**

$$P^i = deco Q^i \quad (104)$$

### **Masse $G^i$ du contrepoids de la cabine n°i**

$$G^i = P^i + Cp^i \cdot Q^i \quad (105)$$

### **Masse d'inertie $Mi^i$ associée à la cabine n°i**

$$Mi^i = \alpha(TechMac^i) \cdot (G^i + P^i) \quad (106)$$

### **Durée $Tmob^i$ de mobilité annuelle et durée de mobilité en moyenne par jour $Tmobh^i$ de la cabine n°i**

$$Tmob^i = \left( \frac{Ch^i \cdot H^i}{V^i} + \frac{V^i}{a^i} \right) \cdot Ndem^i \quad (107)$$

Et la durée de mobilité en moyenne par jour en heure :

$$Tmobh^i = \frac{Tmob^i}{365 \times 3600} \quad (108)$$

**Durée  $T_{immob}^i$  d'immobilité annuelle de la cabine n°i (en secondes)**

$$T_{immob}^i = 24 \cdot 365 \cdot 3600 - T_{mob}^i \quad (109)$$

**Durée  $T_{immob\_j}^i$  et  $T_{immob\_n}^i$  d'immobilité annuelle de jour et de nuit de la cabine n°i (en secondes)**

Pour les zones de typologie n°z = habitation (exclusivement), la constante  $T_{immob\_n}$  est définie comme suit :

$$T_{immob\_n_{z=habitation}} = 8 \cdot 365 \cdot 3600 \quad (110)$$

Pour toutes les zones n°z qui ne sont pas des zones d'habitation :

$$T_{immob\_n_{z=pas\ habitation}} = (12 \cdot 365 + 52 \cdot 48 + 9 \cdot 24) \cdot 3600 \quad (111)$$

Pour les ascenseurs desservants un ensemble de zones, la durée d'immobilité moyenne durant la nuit  $T_{immob\_n}^i$  est calculée comme suit :

$$T_{immob\_n}^i = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} \cdot T_{immob\_n_z} \quad (112)$$

Et dans tous les cas, la durée d'immobilité moyenne durant la journée  $T_{immob\_j}^i$  est ainsi calculée :

$$T_{immob\_j}^i = \max[0, T_{immob}^i - T_{immob\_n}^i] \quad (113)$$

**Calcul de l'énergie associée à la motorisation seulement pour la cabine n°i**

On définit une fonction masse totale en charge de la cabine de l'ascenseur n°i,  $F^i(X)$  (masse de la cabine vide  $P^i$  plus masse de la charge  $Q^i$ ) :

$$F^i(X) = P^i + X \cdot Q^i \quad (114)$$

où X est une variable booléenne (0 -> cabine à vide et 1 -> cabine chargée).

On définit deux fonctions ci-dessous :

*Note : pour la clarté de l'exposé, l'indice supérieur haut i repérant le numéro de l'ascenseur est omis exceptionnellement dans les deux relations.*

- l'énergie pour un trajet descendant de distance totale Z avec la charge transportée X dans la cabine :

$$\begin{aligned} Emoybas(X, Z) = & \text{Max} \left[ 0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \\ & + \text{Max} \left[ 0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left( z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) + (G - F(X)) \cdot g \cdot \left( z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) \right] \\ & + \text{Max} \left[ 0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \end{aligned} \quad (115)$$

- l'énergie pour un trajet montant de distance totale Z avec la charge X dans la cabine :

$$\begin{aligned}
 \text{Emoyhaut}(X, Z) = & \text{Max} \left[ 0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \\
 & + \text{Max} \left[ 0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left( z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) - (G - F(X)) \cdot g \cdot \left( z - \frac{V^2}{2 \cdot a} \right) \right] \\
 & + \text{Max} \left[ 0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right]
 \end{aligned} \quad (116)$$

Ces deux fonctions permettent le calcul de Emoy<sup>i</sup> (pour le trajet aller-retour moyen annuel résultant d'un usage suivant le spectre de charge S) ci-dessous :

$$\text{Emoy}^i = \frac{\left\{ \sum_{X=0,0.25,0.50,0.75,1.0} [S(\text{haut}, X) \cdot \text{Emoyhaut}^i(X, Ch^i \cdot H^i) + S(\text{bas}, X) \cdot \text{Emoybas}^i(X, Ch^i \cdot H^i)] \right\}}{r g^i} \quad (117)$$

#### 1.4.3.5 Calcul des sorties annuelles de la cabine n°i

On calcule Etm<sup>i</sup>, consommation annuelle totale en période de mobilité de la cabine (en Wh). Etm est la somme des consommations associées à la motorisation de la cabine, à l'actionnement des portes et aux auxiliaires. Pour ces derniers, on ajoute un terme correspondant à une puissance absorbée Pti<sup>i</sup> pendant Tmob<sup>i</sup> secondes. Le facteur Cor\_Emobcab est une constante fixée à 0,9 :

$$\text{Etm}^i = (\text{Emoy}^i \cdot \text{Cor\_Emobcab} \cdot \text{Ndem}^i / 2 + \text{Eporte} \cdot \text{Ndem}^i + \text{Pti}^i \cdot \text{Tmob}^i) / 3600 \quad (118)$$

On calcule ensuite Eti<sup>i</sup>, consommation annuelle totale en période d'immobilité de la cabine (en Wh), à partir de la relation suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Eti}^i = & \text{dP1}^i \cdot \text{MIN} \left[ 1, \frac{\text{T1}^i}{\frac{\text{Timmob\_j}^i}{\text{Ndem}^i}} \right] / 3600 + \text{dP2}^i \cdot \text{MIN} \left[ 1, \frac{\text{T1}^i + \text{T2}^i}{\frac{\text{Timmob\_j}^i}{\text{Ndem}^i}} \right] / 3600 \\
 & + (\text{Pti}^i - \text{dP1}^i - \text{dP2}^i) \cdot \text{Timmob\_j}^i / 3600 \\
 & + \text{dP1}^i \cdot \text{MIN} \left[ 1, \frac{\text{T1}^i}{\frac{\text{Timmob\_n}^i}{365}} \right] / 3600 + \text{dP2}^i \cdot \text{MIN} \left[ 1, \frac{\text{T1}^i + \text{T2}^i}{\frac{\text{Timmob\_n}^i}{365}} \right] / 3600 \\
 & + (\text{Pti}^i - \text{dP1}^i - \text{dP2}^i) \cdot \text{Timmob\_n}^i / 3600
 \end{aligned} \quad (119)$$

La consommation annuelle totale de la cabine est la somme des consommations en période de mobilité et d'immobilité :

$$\text{Etot}^i = \text{Etm}^i + \text{Eti}^i \quad (120)$$

#### 1.4.3.6 Calcul des sorties horaires la cabine n°i

##### Calcul du profil de mobilité horaire affectée à l'ascenseur n°i

Le profil horaire de mobilité U<sup>i</sup> de la cabine d'ascenseur n°i est défini comme suit :

$$U^i = \left( \sum_{z=1}^{\text{nb de zone Z}} C(i, z) \cdot \frac{Q_i}{Q_z} \cdot U_z \right) \quad (121)$$

##### Calcul de la fonction de distribution temporelle de l'énergie en phase de mobilité de la cabine n°i

Le calcul requiert quelques étapes intermédiaires.

Pour chaque cabine d'ascenseur n°i, l'indicatrice horaire de mobilité,  $F_{mob}^i$ , est définie (normalisation) pour chaque pas de temps horaire h dans l'année comme suit :

$$F_{mob}^i(h) = \frac{U^i(h)}{\sum_t U^i(h)} \quad (122)$$

L'indicatrice horaire d'immobilité est définie pour chaque pas de temps horaire h comme suit :

$$F_{imob}^i(h) = \frac{1 - F_{mob}^i(h)}{T_{mob}^i - 1} \quad (123)$$

### **Calcul de la puissance active horaire de l'ascenseur n°i**

La puissance active horaire de l'ascenseur n°i vaut :

$$P_{cab}^i(h) = F_{imob}^i(h) \cdot E_{ti}^i + F_{mob}^i(h) \cdot E_{tm}^i \quad (124)$$

### **Calcul de la puissance active horaire des cabines affectées à chaque zone n°z**

Pour chaque zone n°z dans le bâtiment, connectée à chaque cabine n°i à travers la matrice  $C(i,z)$ , le profil horaire conventionnel de consommation électrique est défini comme suit :

$$P_{cab_z}(h) = \left( \sum_{\text{toutes les cabines } i} P_{cab}^i(h) \frac{C(i,z) \cdot Q_z}{\sum_{\text{toutes les zones } j} C(i,j) \cdot Q_j} \right) \quad (125)$$

Note sur le ratio du côté droit de l'équation :

- le numérateur représente le potentiel de masse utile  $Q_z$  de la zone n°z si l'ascenseur n°i dessert cette zone (égal à zéro autrement) ;
- le dénominateur représente la somme des potentiels de masse utiles pour laquelle la cabine n°i est contributive.

Enfin, on calcule la consommation en énergie finale à chaque pas de temps h :

$$C_{ef\_asc}^z(h) = P_{cab_z}(h) \cdot 1h \quad (126)$$

## 1.5 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ÉCLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES EN LOGEMENT COLLECTIF

### 1.5.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithmique s'inscrit dans le cadre de la mise en place du label « Energie – Carbone », et plus précisément du mode détaillé de calcul de ce label (le mode simplifié a fait l'objet d'un patch du moteur de calcul Th-BCE livré mi-septembre aux éditeurs de logiciels). La présente fiche algorithmique introduit dans le moteur de calcul réglementaire le calcul de la consommation d'éclairage des circulations (Hall et escalier), les systèmes de gestion associés et l'alimentation des boîtiers de secours.

Une valeur de consommation annuelle de 1,1 kWh/m<sup>2</sup> a été utilisée pour la version 1 du label E+C-. La présente fiche introduit un calcul horaire de cette consommation, nécessaire pour le calcul de l'autoconsommation tous usages du label E+C V2.

### 1.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	conv	
Usage <sub>z</sub>	Type d'usage de la zone n°z issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de Th-BCE 2012					
p <sup>a</sup> <sub>mobi (m,s)</sub>	Indicateur de mobilité de la zone par mois / semaine issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
p <sup>s</sup> <sub>mobi (j,h)</sub>	indicateur de mobilité de la zone par jour / heure issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
t <sup>a</sup> <sub>occ (m,s)</sub>	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par mois / semaine issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
t <sup>s</sup> <sub>occ (j,h)</sub>	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par jour / heure issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
Az	Surface de la zone n°z du bâtiment issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de Th-BCE 2012	m <sup>2</sup>	≥0			
Sorties						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
C <sup>z</sup> <sub>ef_circ_ecl (h)</sub>	Consommation électrique horaire de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale.	Wh				
C <sup>z</sup> <sub>ef_circ_ecl_annuel</sub>	Consommation électrique annuelle de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale par m <sup>2</sup> .Srt.	kWh/m <sup>2</sup> . Srt				

**Constantes<sup>1</sup>**

Nom	Description	Unité	Conv
$P_{ef\_circ\_ecl}^z$	Puissance surfacique d'éclairage circulations (hall et escalier) de la zone en W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	2,19

**Tableau 18 : Nomenclature du modèle**

**1.5.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE**

**1.5.3.1 Profil d'utilisation de l'éclairage des locaux communs :**

Le profil d'utilisation de l'éclairage des locaux communs est calqué sur celui de la mobilité des ascenseurs pour les logements collectifs.

On trouve pour rappel ci-dessous le facteur correctif du taux de mobilité du local par jour / heure puis l'indicateur de fonctionnement de l'éclairage des circulations par mois / semaine, calqué sur celui

mobilité	scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
jour V / heure >	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00

**Figure 2 – facteur correctif du taux de mobilité de la zone par mois / semaine p<sup>a</sup>mobi :**

	vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5			1		1			1			1	

**Figure 3 – indicateur de mobilité de la zone par jour / heure p<sup>s</sup>mobi**

**1.5.3.2 Définition de la puissance d'éclairage surfacique conventionnelle des circulations :**

Dans le référentiel E+C- V1 a été définie une consommation annuelle pour l'éclairage des parties communes des logements collectifs.

Dans le référentiel E+C- V2, on réalise ce calcul de manière horaire. Il convient donc de définir une puissance d'éclairage conventionnelle qui va être utilisée pour le calcul des consommations.

Elle est définie à partir de la consommation annuelle et des scénarios ci-dessus. Sa valeur est :

$$P_{ef\_circ\_ecl}^z = 2,19 \text{ W/m}^2 \cdot S_{RT} \quad (127)$$

<sup>1</sup> Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

**1.5.3.3 Calcul de la consommation d'éclairage conventionnelle des locaux communs des logements collectifs :**

Cette consommation n'est calculée pour que l'usage logement collectif. La formule ci-dessous tient compte du fait que l'on peut avoir plusieurs zones dans un même bâtiment. De même, on utilise les surfaces habitables des zones pour répartir les consommations dans chaque zone.

Calcul horaire (Wh)

Si Usage\_zone=2 - logements collectifs,

$$C_{ef\_circ\_ecl}^z(h) = P_{ef\_circ\_ecl}^z * p_{mobi}^a * p_{mobi}^s * SRT^z \quad (128)$$

Sinon

$$C_{ef\_circ\_ecl}^z(h) = 0 \quad (129)$$

Calcul annuel (kWh/m².Srt)

$$C_{ef\_circ\_ecl\_annuel}^z = \sum_{h=0}^{8760} \frac{C_{ef\_circ\_ecl}^z(h)}{SRT^{bat}} \quad (130)$$

## 1.6 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ÉCLAIRAGE DES PARKINGS

### 1.6.1 INTRODUCTION

Ce modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale de l'éclairage (or éclairage de secours) d'un parking. Ce parking peut être de deux types :

- soit un parking externe, on suppose alors l'accès à la lumière du jour parfaite (la voute céleste est totalement visible en tout point du parking) ;
- soit un parking interne, on suppose alors l'accès à la lumière du jour nul en permanence.

Un parking est décrit et calculé au niveau du projet au sens de la méthode Th-BCE 2012. Sa consommation est ensuite répartie entre chaque zone des bâtiments, au prorata de sa surface  $S_{RT}$ .

Le parking est caractérisé par les éléments opposables suivants :

- **la puissance électrique totale installée pour l'éclairage** qui comprend : les éventuels rampes ou couloir d'accès, les circulations piétonnes, ..., et la zone de stationnement proprement dite. Cette puissance ne comprend pas : les panneaux signalétiques, les panneaux de publicité, la signalisation d'occupation de place, les automates de billetterie, les caméras de surveillance, la motorisation des barrières d'accès au parking et les BAES ;
- **le planning de fermeture du parking à l'échelle de l'année** ainsi appréhendé : le nombre de semaines de fermeture totale 24h/24h, puis dans les semaines restantes, les horaires (heures légales) d'ouverture découpées en deux blocs du lundi au vendredi indifféremment puis du samedi au dimanche indifféremment ;
- **les plages horaires dans la semaine (heures légales) ou l'éclairage est contrôlé par détection de présence, le reste étant supposé en marche forcée ;**
- **l'extinction ou pas de l'éclairage en période de fermeture.**

La modélisation ne prend pas en compte une possibilité de gradation de la puissance d'éclairage, les dispositifs de signalisation électrique (panneaux de circulation, signalisation d'occupation et BAES) et considère que pendant les plages de fermeture, l'éclairage est soit en marche forcée soit totalement éteint.

### 1.6.2 NOMENCLATURE DU MODELE

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

#### Entrées du composant

Nom	Description	Unité	
C_Eex_Climat extérieur	jsem	Numéro du jour de la semaine, 1 correspond au lundi	-
	Htsmf	Heure de fin du pas de temps en temps UTC	heure
	Hleg	Heure légale	heure
	S <sub>RT</sub> <sup>z</sup>	Surface thermique au sens de la RT2012 de la zone n°z	m <sup>2</sup>

#### Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
PeC <sub>ins</sub>	Puissance totale de l'éclairage installé dans le parking.	W	1	+ ∞	-

#### Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Type	Type de parking soit intérieur = « int » soit extérieur = « ext »	-	-	-	-
Net	Nombre d'étages du parking	-	1	+ ∞	-
Npl	Nombre total de places de stationnement	-	1	+ ∞	-
NbjO(j)	Calendrier annuel des jours ouverts (=1) ou fermé (=0)	-	0	1	-
PlagOse	Plage horaire d'ouverture en semaine du L au V du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture, heure légale de fermeture)	heure, heure	(0,0)	(23,23)	-
PlagOwe	Plage horaire d'ouverture en week-end du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture, heure légale de fermeture)	heure, heure	(0,0)	(23,23)	-
PlagDsej	Plages horaires en semaine du L au V de fonctionnement du dispositif d'éclairage en mode de détection définies par les couples (heure légale de démarrage, heure légale de fermeture) j pour ce mode. Il y a au maximum j=3 plages.	heure, heure	(0,0)	(23,23)	-
PlagDwej	Plages horaires en week end de fonctionnement du dispositif d'éclairage en mode de détection définies par les couples (heure légale de démarrage, heure légale de fermeture) j pour ce mode. Il y a au maximum maximum j=3 plages.	heure, heure	(0,0)	(23,23)	-
Ex	Extinction de l'éclairage si le parking est fermé 0= oui ; 1=non	-	0	1	-

### Variables internes

Nom	Description	Unité
Ouv(h)	Vecteur (de 8760 composantes) ouverture parking pendant l'heure h de l'année : 1 -> « parking ouvert » et 0 -> « parking fermé ».	-
Det(h)	Vecteur (de 8760 composantes) mode de régulation de l'éclairage pendant l'heure h de l'année : 0 -> « marche forcée » et 1 -> « marche sur détection ».	-
Fh(h)	Vecteur taux horaire de besoin d'éclairage du parking considéré pendant l'heure h de l'année (0.= aucun besoin d'éclairage; 1.= besoin d'éclairage pendant toute l'heure). 8760 composantes.	-

### Sorties

Nom	Description	Unité
Eec	Scalaire, consommation d'énergie finale annuelle de l'installation d'éclairage du parking	Wh
Pec <sub>app</sub> (h)	Vecteur, puissance horaire moyenne appelée par l'éclairage du parking pendant l'heure h de l'année, 8760 composantes.	W
C <sup>z</sup> <sub>ef_park</sub> (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh

### Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Fh <sub>int</sub> (h)	Vecteur (de 8760 composantes) taux horaire du besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année <u>pour les parkings intérieurs</u> . (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure).	-	1
Fh <sub>ext</sub> (h)	Vecteur taux horaire de besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année <u>pour les parkings extérieurs</u> . (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure).8760 composantes.	-	
TauDet(h)	Vecteur (de 8760 composantes) taux d'usage pour chaque heure h de l'année de la puissance d'éclairage quand l'éclairage est en mode de détection de présence.	-	

**Tableau 19 : Nomenclature des différentes variables du modèle**

#### 1.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

##### 1.6.3.1 Définition des constantes du module

Pour un parking intérieur, le taux horaire de besoin d'éclairage Fh<sub>int</sub>(h) est toujours le même quelles que soient l'heure de la journée ou la période de l'année, d'où :

$$Fh_{int}(h) = 1 \forall h \in [1,8760] \quad (131)$$

$Fh_{ext}(h)$  est défini par le tableau suivant exprimé en heure légale de fin de pas de temps.

1 à 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,79	0,48	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,2	0,36	0,5	0,65	0,84	1	1

**Tableau 20 : Valeurs de  $Fh_{ext}(h)$  en fonction de l'heure légale**

$$TauDet(h) = 0,2 \forall h \in [1,8760] \quad (132)$$

*Note : on considère que l'éclairage en mode détection de présence apporte un abattement conventionnel de consommation de 80%.*

### 1.6.3.2 Définition des valeurs par défaut

Pour les heures d'ouverture et les heures de détection par défaut :

- $NbjO(j) = 1$  pour tout  $j$ , c.-à-d., « parking ouvert tous les jours » ;
- $PlagOse = \{0 ; 23\}$  (24h/ 24h), c.-à-d., « plage horaire d'ouverture en semaine 24h / 24h » ;
- $PlagOwe = \{0 ; 23\}$  (24h/ 24h), c.-à-d., « plage horaire d'ouverture en we 24h / 24h » ;
- $PlagDse^j = \{0 ; 0\}$ , c.-à-d., « pas détection de présence en semaine » ;
- $PlagDwe^j = \{0 ; 0\}$ , c.-à-d., « pas détection de présence en week-end ».

Pour la puissance électrique de l'éclairage installé (exprimée en W) :

Si parking du type « int » (parking intérieur) :

$$Pec_{ins} = Npl \times Net \times 16 \quad (133)$$

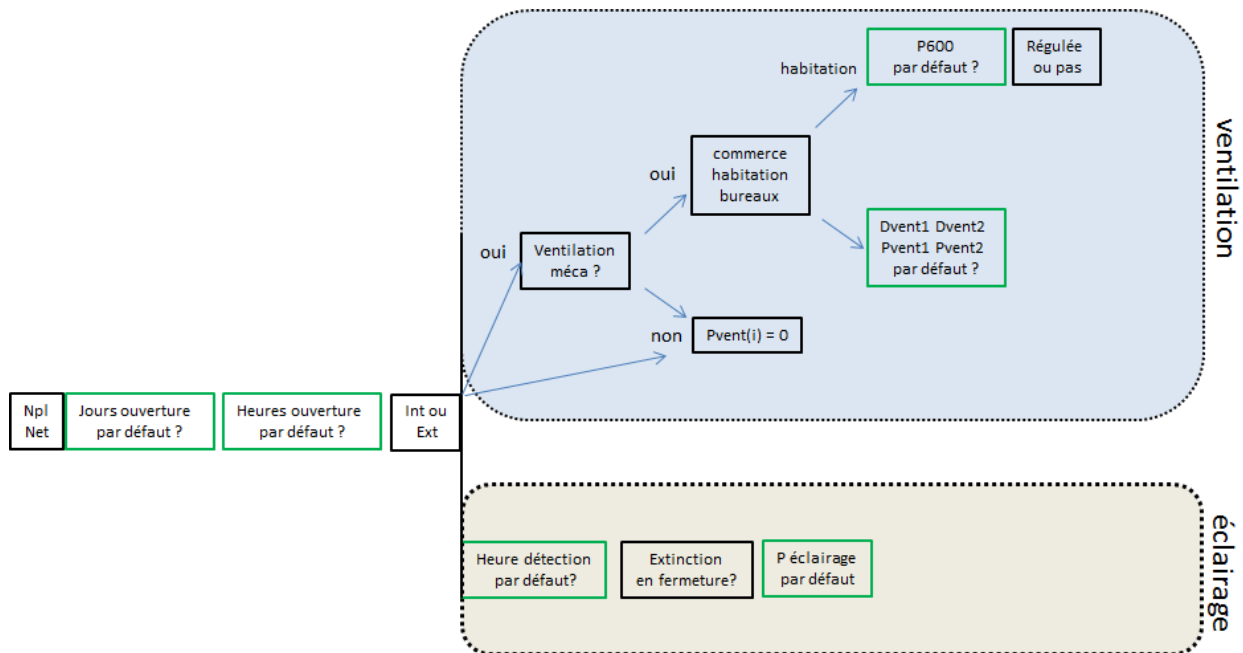
Si parking du type « ext » (parking extérieur) :

$$Pec_{ins} = Npl \times Net \times 8 \quad (134)$$

Avec  $Npl$  le nombre de place du parking et  $Net$  le nombre d'étages du parking.

### 1.6.3.3 Séquence de saisie des données

La séquence logique de saisie de données, commune à l'éclairage et la ventilation des parkings, est la suivante :



**Figure 4 – Séquence logique de définition des paramètres d'éclairage et ventilation des parkings**

#### 1.6.3.4 Calcul du vecteur horaire $Ouv(i)$ (ouverture du parking)

Pour chaque heure  $h$  de l'année (de 1 à 8760) :

- si avec  $j$  le jour dans l'année  $NbjO(j) = 1$ 
  - si  $jsem \in [1,5]$  (on est L M M J ou V)
    - si  $Hleg \in [PlagOse[$ 
      - alors  $Ouv(h) = 1$ .
      - sinon  $Ouv(h) = 0$ .
  - sinon (le jour dans l'année est S ou D)
    - si  $Hleg \in [PlagOwe[$ 
      - alors  $Ouv(h) = 1$ .
      - sinon  $Ouv(h) = 0$ .
- sinon  $Ouv(h)=0$ .

(135)

#### 1.6.3.5 Calcul du vecteur horaire $Det(i)$ (mode de régulation de l'éclairage)

Pour chaque heure  $h$  de l'année (de 1 à 8760) :

- si avec  $j$  le jour de l'année  $NbjO(j) = 1$ 
  - si  $jsem \in [1,5]$  (on est L M M J ou V)
    - si  $Hleg \in \cup_{j=1 \text{ à } 3} [PlagDse^j[$  (l'heure légale est dans une des trois plages)
      - alors  $Det(h)=1$ .
      - sinon  $Det(h)=0$ .
  - sinon (le jour dans l'année est S ou D)
    - si  $Hleg \in \cup_{j=1 \text{ à } 3} [PlagDwe^j[$ 
      - alors  $Det(h)=1$ .
      - sinon  $Det(h)=0$ .
- sinon  $Det(h)=0$ .

(136)

**1.6.3.6 Calcul du vecteur horaire  $Fh(h)$  (besoin horaire d'éclairage)**

Pour chaque heure  $h$  dans l'année (de 1 à 8760) :

$$\text{Si Type} = \text{int alors } Fh(h) = Fh_{\text{int}}(h) \text{ sinon } Fh(h) = Fh_{\text{ext}}(h) \quad (137)$$

**1.6.3.7 Calcul du vecteur horaire d'appel de puissance**

Pour chaque heure  $h$  dans l'année (de 1 à 8760) :

$$Pec_{\text{app}}(h) = Pec_{\text{ins}} \cdot [\text{Ouv}(h) \cdot Fh(h) \cdot (1 - \text{Det}(h)) + \text{Det}(h) \cdot \text{TauDet}(h)] + (1 - \text{Ouv}(h)) \cdot Ex \quad (138)$$

**1.6.3.8 Calcul de la consommation annuelle**

$$Eec = \sum_{h=1}^{8760} Pec_{\text{app}}(h) \quad (139)$$

**1.6.3.9 Ajout de la consommation d'éclairage horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone**

La puissance d'éclairage  $Pec_{\text{app}}(h)$  calculée est répartie proportionnellement aux surfaces conventionnelles  $S_{RT}$  des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone  $C_{\text{éf,park}}^z(h)$ .

## 1.7 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS DE VENTILATION DES PARKINGS FERMES

### 1.7.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale du système de ventilation forcée d'un parking fermé (et exclusivement fermé) si l'utilisateur déclare que le parking est en ventilation forcée.

La consommation des éventuels auxiliaires associés au système de ventilation n'est pas pris en compte ici.

Le modèle prend en compte deux typologies de parking :

- un parking d'habitat soumis à l'arrêté du 31 janvier 1986 ;
- un parking hors habitat soumis à l'instruction du 3 mars 1975.

Si le parking est ouvert sur l'extérieur le modèle de calcul retourne une valeur de consommation nulle :

- **pour les parkings d'habitat, un débit de 600 m<sup>3</sup>/h par véhicule est pris en compte**
- **pour les parkings hors habitat**, le débit est calculé en se basant sur une estimation du besoin en ventilation pour maintenir la concentration en monoxyde de carbone CO du parking sous un seuil fixe de 50 ppm.

Plus précisément :

- **Pour les parkings hors usage d'habitation :**

La consommation des ventilateurs est estimée au pas horaire.

A chaque pas de temps, on estime le besoin de renouvellement d'air nécessaire pour maintenir une concentration en monoxyde de carbone CO sous un seuil de 50 ppm. Ce besoin en renouvellement d'air est calculé en faisant l'hypothèse d'une régulation à deux seuils du fonctionnement des ventilateurs. Le besoin de ventilation intègre à travers la notion d'efficacité de ventilation, et la possibilité que le capteur de CO ne soit pas représentatif du niveau moyen de CO dans le parking.

On part du principe que la ventilation va s'opposer à un terme source de CO qui est calculé à partir d'hypothèses sur les véhicules circulant et la fréquence de déplacement :

- un facteur d'émission de CO conventionnel des véhicules ;
- une vitesse de déplacement conventionnelle des véhicules et donc une durée de déplacement des véhicules ;
- des données topologiques simples du parking qui détermine la longueur de déplacement des véhicules ;
- une typologie simplifiée d'usage du parking qui conditionne le trafic horaire du parking en intensité et en distribution temporelle.

Cette typologie d'usage est traduite par la définition d'un scénario horaire qui quantifie le nombre de mouvements par place (entrée ou bien sortie) moyenné sur l'heure. Ce scénario est une constante interne au modèle. Mentionnons le principe de construction d'un tel scénario : le scénario horaire est construit sur une hypothèse de durée moyenne de stationnement dans la journée ou alternativement du nombre de mouvements par jour. Ces caractéristiques journalières sont fonctions de la typologie d'usage du parking. Puis dans un second temps la répartition horaire est induite suivant une distribution horaire à trois niveaux (beaucoup moyen aucun) à dire d'expert et qui est propre à chaque typologie d'usage. Un processus de normalisation permet de s'assurer que le scénario horaire journalier est consistant avec les hypothèses journalières.

Les hypothèses simplificatrices sont :

- l'homogénéité spatiale du taux de CO dans le parking à un instant donné quelconque ;
- la ventilation naturelle n'est pas prise en compte ;
- la consommation de veille des ventilateurs ou des auxiliaires au sens large est négligée.

- **Pour les parkings intérieurs en usage d'habitation :**

On considère que :

- soit la ventilation est permanente 24h/24h, il suffit alors de spécifier la puissance électrique de fonctionnement du système de ventilation par nombre de place correspondant à un point de fonctionnement 600 m<sup>3</sup>/h / place ;
- soit la ventilation est régulée dans ce cas le scénario d'usage du parking est exploité pour estimer par heure le nombre de véhicules en mouvement et en conséquence pour activer la puissance de ventilation par nombre de place correspondant à un point de fonctionnement de 600 m<sup>3</sup>/h/place.

Dans tous les cas, les jours où le parking est fermé sont hérités du module parking éclairage. La méthode n'implique que des relations mathématiques explicites.

En termes de scénarisations du nombre de mouvements de véhicules au cours du temps, trois scénarios sont proposés selon une valeur relative à l'usage des zones du bâtiment associé, Typeusage. Ce paramètre peut prendre les trois valeurs suivantes : 0) Bureau, 1) Commerce et 2) Habitat.

La valeur à adopter pour Typeusage est déterminée à partir de l'usage de la zone de bâtiment associée au parking.

Dans le cas d'un parking intérieur, si des parties du parking sont associées à des zones de bâtiment d'usages différents, Typeusage doit être défini à la valeur correspondant à l'usage de la zone de plus grande surface utile ou habitable.

La passerelle entre Typeusage est l'usage de la zone associée au parking est définie dans le tableau ci-dessous :

N° d'usage	Type d'usage associé	Valeur de Typeusage du parking à appliquer
1	Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle et accolée	2) Habitat
2	Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	2) Habitat
3	Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	2) Habitat
4	Enseignement primaire	2) Habitat
5	Enseignement secondaire (partie jour)	2) Habitat
6	Enseignement secondaire (partie nuit)	2) Habitat
7	Enseignement - université	0) Bureaux
8	Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	2) Habitat
10	Hôtel 0* et 1* (partie nuit)	0) Bureaux
11	Hôtel 2* (partie nuit)	0) Bureaux
12	Hôtel 3* (partie nuit)	0) Bureaux
13	Hôtel 4* et 5* (partie nuit)	0) Bureaux
14	Hôtel 0*, 1* et 2* (partie jour)	0) Bureaux
15	Hôtel 3*, 4* et 5* (partie jour)	0) Bureaux
16	Bureaux	0) Bureaux
17	Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	1) Commerce
18	Restauration - 1 repas/jour, 5j/7	1) Commerce
19	Restauration - 2 repas/jour, 7j/7	1) Commerce
20	Restauration - 2 repas/jour, 6j/7	1) Commerce
22	Commerce, magasin, zones commerciales	1) Commerce
24	Etablissement sportif scolaire	2) Habitat
26	Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	2) Habitat
27	Hôpital (partie nuit)	1) Commerce
28	Hôpital (partie jour)	1) Commerce
29	Transport - aéroport	1) Commerce
30	Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	2) Habitat
32	Industrie - 3x8h	0) Bureaux
33	Industrie - 8h à 18h	0) Bureaux
34	Tribunal	0) Bureaux
36	Etablissement sportif municipal ou privé	0) Bureaux
37	Restauration scolaire - 1 repas/jour, 5j/7	2) Habitat
38	Restauration scolaire - 3 repas/jour, 5j/7	2) Habitat

**Tableau 21 : rapport entre l'usage de la zone et le type d'usage du parking**



### 1.7.2 NOMENCLATURE DU MODELE

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

#### Entrées du composant

Nom	Description	Unité
NbjO(j)	Calendrier annuelle des jour ouverts/fermés du parking Hérité du module éclairage parking	.
Type	Type de parking soit intérieur =«int» soit extérieur =«ext». Hérité du module éclairage parking	.

#### Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
IsParamVentilationDefaut	Paramétrage par défaut des débits et puissances de ventilateurs du parking : 0) Non 1) Oui	-	0	1	-
Dvent1	Débit de ventilation total première vitesse	m <sup>3</sup> /h	1	+ ∞	-
Dvent2	Débit de ventilation total seconde vitesse	m <sup>3</sup> /h	Dvent1	+ ∞	-
Pvent1	Puissance électrique <u>active</u> appelée par <u>tous</u> les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la première vitesse	W	1	+ ∞	-
Pvent2	Puissance électrique <u>active</u> appelée par <u>tous</u> les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la seconde vitesse	W	Pvent1	+ ∞	-
Pvent600	Puissance <u>active</u> totale de l'installation par nombre de place de parking et à 600 m <sup>3</sup> /h/véhicules pour les parkings d'habitations	W/nb de places	1	+ ∞	-
Reg	Applicable uniquement à un parking de typeusage= « habitation » Reg=1 la ventilation est régulée Reg+0 la ventilation n'est pas régulée	-	0	1	-
Vent	Présence (oui) ou pas (non) de ventilation forcée	.	-	-	-

#### Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Typeusage	Typologie de parking 0 : bureau 1 : commerce 2 : habitat	-	0	2	-
Net	Nombre d'étages du parking	-	1	+ ∞	-
Npl	Nombre total de places de stationnement	-	1	+ ∞	-

#### Variables internes

Nom	Description	Unité
-----	-------------	-------

ProdCO(h)	Terme source de CO de l'ensemble des véhicules dans le parking (CO à température ambiante) pendant le pas de temps h (h de 1 à 8760)	m <sup>3</sup> CO/h
Dreq(h)	Débit de ventilation mécanique requis pour tout le parking pour assurer une concentration en CO de CCOlim pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	m <sup>3</sup> /h
Nveh(h)	Trafic de véhicule dans tous le parking exprimé en nombre de mouvements de véhicule par heure (une entrée ou une sortie) pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	1/h
Rmvtpl(h)	Ratio moyen horaire de mouvement par place pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	-
Dtraj	durée moyenne de déplacement d'un mouvement de véhicule	h
Lmoytraj	Longueur moyenne d'un déplacement d'un véhicule	m
Dmvm	Durée moyenne de fonctionnement du moteur d'un véhicule	h
Larg	Longueur d'un étage du parking	m
Long	Largeur d'un étage du parking	m
Peri	Périmètre d'un étage du parking	m

## Sorties

Nom	Description	Unité
Pvent(h)	Puissance horaire des ventilateurs du parking pendant le pas de temps h de l'heure dans l'année (i de 1 à 8760)	W
Event	Consommation annuelle en énergie active finale des ventilateurs du parking	Wh
C <sub>ef_park</sub> <sup>z</sup> (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh

## Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
Effvent	Efficacité de ventilation en termes de ratio point de mesure donnant la valeur maximum / valeur moyenne dans le parc de stationnement.	-	0,5
CCOlim	Valeur seuil maximale de concentration volumique en CO prise en compte par le système de ventilation	m <sup>3</sup> Co/m <sup>3</sup> Air	5 10 <sup>-5</sup>
ProdCOveh	Facteur d'émission conventionnel d'un moteur de véhicule en fonctionnement (CO à température ambiante)	m <sup>3</sup> Co /h	0,35
Rutil	Ratio d'utilisation moyen du parking : nombre moyen de places utilisées sur la période/ nombre de place.	-	1
Dfix	Durée moyenne de fonctionnement du moteur d'un véhicule lorsque le véhicule est à l'arrêt	h	0,01
Vmoy	Vitesse moyenne de déplacement des véhicules dans le parking (10 km/h)	m/h	10000

RI	Allongement de la surface utile du parking : ratio longueur / largeur	.	2
Spl	Surface d'une place de parking	m <sup>2</sup>	12

**Tableau 22 : Nomenclature des différentes variables du modèle**

### 1.7.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La présente fiche algorithme est constituée des paragraphes suivants :

- La définition des valeurs par défaut des paramètres intrinsèques en 0,
- **le calcul des constantes** quelques soit la typologie d'usage du parking (quelle que soit la valeur de la variable typeusage) est regroupé en 1.7.3.2,
- **le calcul de la consommation horaire** du système de ventilation Pvent(h). Trois cas de figure se présentent :
  - le cas du parking ouvert (Type=«ext») pour toutes les typologies d'usage (typeusage) en 1.7.3.3, ou le cas d'un parking fermé sans ventilation mécanique en 1.7.3.4,
  - le cas du parking hors usage d'habitation (typeusage=«bureau» ou «commerce») fermé (Type=«int») et équipé d'une ventilation mécanique en 1.7.3.5.
  - le cas du parking habitation (typeusage=«habitat») fermé (Type=«int») et équipé d'une ventilation mécanique en 1.7.3.6.

L'énergie annuelle est calculée de façon identique pour toutes les typologies d'usage en 1.7.3.7 et 1.7.3.8.

#### 1.7.3.1 Valeurs par défauts

Les valeurs par défaut suivantes sont proposées à l'utilisateur, si celui-ci fixe IsParamVentilationDefaut = 0 :

$$\begin{aligned}
 D_{vent\ 2} &= 900 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en m}^3/\text{h} \\
 D_{vent\ 1} &= 450 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en m}^3/\text{h} \\
 P_{vent\ 2} &= 40 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en W} \\
 P_{vent\ 1} &= 5 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en W} \\
 P_{vent600} &= 40 \text{ W/place}
 \end{aligned}
 \tag{140}$$

#### 1.7.3.2 Calcul des constantes

Un ensemble de constantes, fixées pour toute la durée du calcul, sont définies ci-dessous :

- Largeur, longueur et périmètre de chaque étage du parking (identique pour tous les étages du parking) :

$$Larg = \left( \frac{Spl \cdot N_{pl}/Net}{RI} \right)^{1/2} \tag{141}$$

$$Long = RI \cdot Larg \tag{142}$$

$$Peri = 2 \cdot Long + 2 \cdot Larg \tag{143}$$

- Longueur moyenne (moyenne de l'entrée et de la sortie) d'un trajet (entrée sortie non distinguées) dans le parking :

$$L_{moytraj} = Peri \cdot \left( \frac{Net}{4} + \frac{1}{4} \right) \quad (144)$$

- Durée moyenne du trajet moyen

$$D_{traj} = L_{moytraj} / V_{moy} \quad (145)$$

- Durée moyenne de fonctionnement du moteur

$$D_{mvmvt} = D_{fix} + D_{traj} \quad (146)$$

- Le tableau ci-dessous définit  $R_{mvtpl}$  en fonction du n° de fin de l'heure légale du jour courant sur la plage 8h-24h (quel que soit le jour courant ie L M M J V S D) et ceci pour les différentes typologies d'usage de la zone.

De 0h à 8h,  $R_{mvtpl}$  est toujours nul, quel que soit l'usage.

	Heure légale hleg au pas de temps h																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Bureaux</b>	0	0,308			0,154	0	0,154	0	0,308			0					
<b>Usage d'habitation</b>	0,19			0,095					0,19			0,095			0		
<b>Commerce</b>	0,278	0,556										0,278		0			

**Tableau 23 : Valeurs conventionnelles de  $R_{mvtpl}(h)$  en fonction de l'heure légale et de typeusage**

### 1.7.3.3 Calculs de $P_{vent}(h)$ pour le cas des parking ouverts

Les parkings ouverts ne sont pas munis de dispositifs de ventilation :

Si **Type** = «ext» alors :

$$P_{vent}(h) = 0, \text{ pour tout pas de temps } h \quad (147)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

### 1.7.3.4 Calculs de $P_{vent}(h)$ pour le cas des parkings sans ventilation forcée :

Si **Ventilation**= « non » alors :

$$P_{vent}(h) = 0, \text{ pour tout pas de temps } h \quad (148)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

### 1.7.3.5 Calcul de $P_{vent}(h)$ pour le cas du parking de type d'usage hors usage d'habitation et de type fermé :

Cette section est applicable uniquement pour le cas où **Type**= « int » ET (**typeusage** = «bureaux» OU **typeusage**= «commerce»).

#### Calcul du besoin en débit horaire de ventilation $D_{req}(h)$ :

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760) :

Si pour le numéro du jour dans l'année  $j$   $NbjO(j)=1$  alors : (le parking est ouvert)

$Nveh(h)$  est le nombre de mouvements de véhicules par heure est calculé comme suit :

$$Nveh(h) = Npl \cdot Rutil \cdot Rmvtpl(h) \quad (149)$$

Le terme source  $prodCO(h)$  est calculé comme suit :

$$ProdCO(h) = ProdCOveh \cdot Nveh(h) \cdot Dmvm \quad (150)$$

Enfin, le débit horaire est le suivant :

$$Dreq(h) = \frac{ProdCO(h)}{CColim \cdot Effvent} \quad (151)$$

Sinon (parking fermé) :

$$Dreq(h) = 0 \quad (152)$$

#### **Calcul de la consommation horaire des ventilateurs $Pvent(h)$ :**

Pour chaque pas de temps  $h$  dans l'année (de 1 à 8760) :

Si  $Dreq(h) = 0$  alors :

$$Pvent(h) = 0 \quad (153)$$

Sinon :

$$\text{Si } Dvent1 > Dreq(h) \text{ alors} \quad (154)$$

$$Pvent(h) = Dreq(h) \cdot Pvent1/Dvent1 \quad (155)$$

Sinon :

$$Pvent(h) = Dreq(h) \cdot Pvent2/Dvent2 \quad (156)$$

#### **1.7.3.6 Calcul de $Pvent(h)$ et pour le cas d'un parking en usage d'habitation, et fermé :**

Cette section s'applique uniquement si **Type= «int»** ET **typeusage= «habitat»**

#### **Calcul de la puissance électrique absorbée par les ventilateurs $P_{vent}(h)$**

Pour chaque pas de temps  $h$  dans l'année (de 1 à 8760) :

Si le système est régulé, c'est-à-dire si  $Reg = 1$  alors

Si pour le numéro du jour dans l'année  $j$ ,  $NbjO(j) = 1$ , alors (le parking est ouvert) :

$$Pvent(h) = Pvent600 \cdot Npl \cdot Rutil \cdot Rmvtpl(h) \quad (157)$$

Sinon :

$$Pvent(h) = 0 \quad (158)$$

Sinon ( $Reg = 0$  : le système n'est pas régulé), alors, quelle que soit la valeur de  $h$ :

$$Pvent(h) = Pvent600 \cdot Npl \cdot Rutil \quad (159)$$

#### **1.7.3.7 Calcul de la consommation annuelle du système de ventilation par zone**

Le calcul de la consommation Event (exprimé en Wh) est commun à tous les scénarios d'usage, c'est-à-dire, quelle que soit la valeur de Type ou de typeusage :

$$\text{Event} = \sum_1^{8760} P_{\text{vent}}(h) \quad (160)$$

La consommation Event est répartie au prorata des surfaces  $S_{RT}$  des différentes zones du bâtiment.

#### ***1.7.3.8 Ajout de la consommation d'éclairage horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone***

La puissance absorbée par les ventilateurs  $P_{\text{vent}}(h)$  est répartie au prorata des surfaces conventionnelles  $S_{RT}$  des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone  $C_{\text{ef\_park}}^z(h)$ .

## 2. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DU NOUVEL INDICATEUR DE CONFORT D'ETE (DIES)

### 2.1 FICHE ALGORITHME : CALCUL DE L'INDICATEUR DE CONFORT D'ETE DIES

#### 2.1.1 INTRODUCTION

Dans l'arrêté du 20 juillet 2011 (publié dans le bulletin officiel du MEDDTL N°14 du 10 août 2011) portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE 2012, l'indicateur de confort d'été est la  $T_{ic}$ , température intérieure conventionnelle, calculée suivant le même principe qu'en RT 2005. Comme en RT 2005, la  $T_{ic}$  est comparée à une valeur de référence,  $T_{ic_{réf}}$ .

Or, dans l'objectif d'harmoniser les exigences de la RT2012, il a été décidé d'évaluer le confort d'été dans les bâtiments soumis à la RT2012 via un critère absolu basé sur les mêmes conventions que le Bbio et le Cep et calculé au fil du temps.

A cette fin, la DHUP a réuni en 2014 un Groupe Scientifique et un Groupe de Travail pour élaborer ce nouvel indicateur et proposer, à titre indicatif uniquement, des valeurs seuils. La fiche algorithme ci-dessous traduit en équations les conclusions des travaux menés et implémentés dans la version 8.0 du moteur de calcul RT2012 (sous la forme d'un indicateur pédagogique).

Les données d'entrée restent identiques à celles d'un calcul Bbio/Cep. Le nouvel indicateur est calculé, pour chaque groupe, dans un post-processeur au moteur Th-BCE 2012.

#### 2.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'indicateur de confort d'été.

#### Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Données en provenance de la méthode Th-BCE	$H_{leg}$	Heure légale	h
	$I_{HJ}$	Heure du jour	h
	$\theta_{ei}(h)$	Température extérieure	°C
	$I_{S_{conf\_adapt}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-
	$\theta_{rm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C
	$\theta_{iich}^+(h)$	Température de consigne de chauffage en période d'occupation	°C
	$\theta_{iifr}^+(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C
	$\theta_{op}(h)$	Température opérative du groupe à la fin du pas de temps $h$	°C
	$\Delta\theta_{op}^{corr\_syst}(h)$	Impact sur la température limite d'inconfort chaud dû aux systèmes d'amélioration du confort d'été (brasseurs d'air, humidification directe,...)	°C
	$I_{occ\_zone}$	Indice d'occupation de la zone	bool

**Paramètres d'intégration du composant**

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
<i>categorie_CE1_C</i> <i>E2<sup>gr</sup></i>	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe (1=CE1 / 2=CE2)	-	1	2	-
<i>I<sub>sclimatise</sub><sup>gr</sup></i>	Indicateur au niveau du groupe précisant si le groupe est climatisé ou non (0=non climatisé / 1=climatisé)	-	0	1	-
<i>Usage<sub>zone</sub></i>	Usage de la zone	-	1	32	-
<i>Mode</i>	Mode de calcul (0-Th-B / 1-Th-C / 2-Th-E (ancien indicateur) / 3-Th-BCE / 4-Th-D (nouvel indicateur) / 5-Th-BCDE)	-	0	5	-

**Sorties**

Nom	Description	Unité
<i>Dies</i>	Indicateur de confort d'été (Durée d'Inconfort en Eté Statistique)	h.%
<i>Δθ<sub>conf_adapt</sub>(h)</i>	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C
<i>Nbh<sub>inconf</sub></i>	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort	h
<i>Nbh<sub>inconf+1C</sub></i>	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort + 1°C	h
<i>Nbh<sub>inconf+2C</sub></i>	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort +2°C	h
<i>NDh</i>	Nombre de degrés-heures (non pondérés)	h.°C
<i>PPD<sub>moy</sub></i>	Intensité moyenne de l'inconfort	%

**Variables internes**

Nom	Description	Unité			
<i>θ<sub>op_inc_max</sub></i>	Seuil de température opérative d'inconfort chaud	°C			
<i>θ<sub>op_inc_max_C1</sub></i>	Seuil de température opérative d'inconfort chaud en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C			
<i>θ<sub>op_inc_max_C2</sub></i>					
<i>θ<sub>op_inc_max_C3</sub></i>					
<i>θ<sub>op_conf_ch</sub>(h)</i>	Température limite de confort chaud	°C			
<i>θ<sub>op_conf_ch_corr</sub>(h)</i>	Température limite de confort chaud corrigée	°C			
<i>PMV(θ<sub>op</sub>)</i>	(Predicted Mean Vote) Vote Moyen Prévisible en fonction de la température opérative	-			
<i>PPD(PMV)</i>	(Predicted Percentage Dissatisfied) Pourcentage prévisible d'insatisfaits en fonction du PMV	%			
<i>ΔPPD</i>	Ecart entre le PPD calculé (pour une température opérative donnée) et un PPD de 10% (limite de la zone de confort)	%			
<i>Δθ<sub>op_inc_C1</sub></i>	Paramètres conventionnels intervenant dans la définition de <i>θ<sub>op_inc_max</sub></i> , en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C			2
<i>Δθ<sub>op_inc_C2</sub></i>			-∞	+∞	3
<i>Δθ<sub>op_inc_C3</sub></i>					4
<i>Cat_amb</i>			Catégorie d'ambiance du groupe considéré au regard des catégories 1, 2 et 3 définies ci-dessous	Entier	1

**Constantes**

Nom	Description	Unité	Conv
<i>MET</i>	Métabolisme de l'occupant conventionnel pour l'évaluation du confort d'été	met	1
<i>CLO</i>	Habillement de l'occupant conventionnel pour l'évaluation du confort d'été	clo	0,5
$\Delta\theta_{op\_min\_max}$	Ecart entre les températures opératives d'inconfort chaud minimale et maximale	°C	2
$\delta PMV$	Pente de la droite PMV en fonction de la température opérative	°C <sup>-1</sup>	0,4014
$PMV(\theta_{op\_conf\_ch\_cor})$	Valeur du PMV à la température d'inconfort chaud	-	0,4892

**Tableau 24 : Nomenclature du modèle**

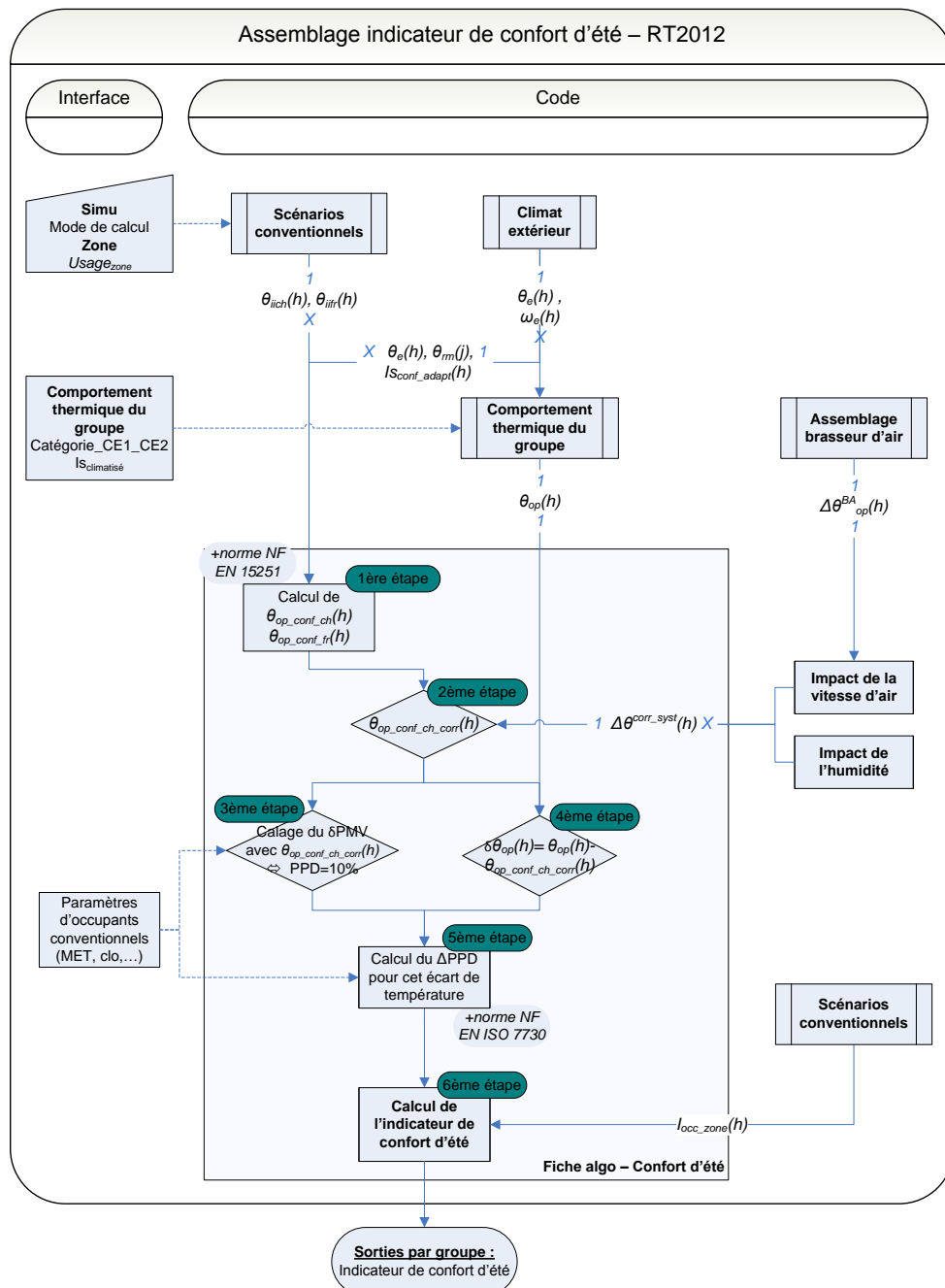
**2.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE**

**2.1.3.1 Principe de calcul**

Le calcul de l'indicateur de confort d'été de Th-BCE 2012 s'appuie sur les normes NF EN 15251 (notion de confort adaptatif) et NF EN ISO 7730 (insatisfaction thermique statistique).

L'indicateur prend en compte à la fois l'intensité et la durée de l'inconfort.

Les étapes de calcul du modèle sont représentées sur le graphique suivant :



**Figure 5 : schéma de principe**

Les températures de consigne en occupation en chauffage et en refroidissement sont notées  $\theta_{ii, ch}^+(h)$  et  $\theta_{ii, fr}^+(h)$ .

### 2.1.3.2 Mode de calcul

Les calculs de cette fiche algorithme ne sont effectués qu'en mode confort d'été, c'est à dire quand :

$$Mode=4 \text{ ou } 5 \quad (161)$$

### 2.1.3.3 Calcul de la température d'inconfort chaud

La première étape du calcul consiste à définir quelle est la température à partir de laquelle l'occupant est en situation d'inconfort chaud.

La température d'inconfort chaud est calculée d'après la norme NF EN 15251. Elle s'appuie sur la notion de confort adaptatif.

Dans un premier temps, on détermine, pour les trois catégories d'ambiance, les valeurs des seuils d'inconfort maximal de température opérative ressentie,  $\theta_{op\_inc\_max}$  à partir de la température moyenne glissante au jour  $j$  de la température extérieure  $\theta_{rm}(j)$  (calculée dans la fiche C\_EEX\_climat extérieur) et des valeurs  $\Delta\theta_{op\_inc}$  par catégorie d'ambiance. Les formules de calcul des  $\theta_{op\_inc\_max}$  sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \theta_{op\_inc\_max\_C1}(j) &= \text{MAX}(\theta_{iif}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_C1}) \\ \theta_{op\_inc\_max\_C2}(j) &= \text{MAX}(\theta_{iif}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_C2}) \\ \theta_{op\_inc\_max\_C3}(j) &= \text{MAX}(\theta_{iif}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op\_inc\_C3}) \end{aligned} \quad (162)$$

*Note :* les calculs ci-dessus sont strictement identiques à ceux de la fiche algorithme C\_Ein\_Indicateurs de confort.

La valeur de catégorie d'ambiance retenue dépend du type d'usage du projet :

Usage de la zone au sens des scénarios	Valeur de <i>Cat_amb</i>
Bâtiments à usage d'habitation	3
Autres usages	1

**Tableau 25: Relation entre les catégories d'ambiance et le type d'usage**

#### Valeur maximale

Quel que soit l'usage, nous limiterons la température d'inconfort chaud à 2°C au-dessus de la température de consigne de refroidissement ( $\Delta\theta_{op\_min\_max}=2^\circ\text{C}$ )<sup>2</sup>.

#### Valeur minimale

De plus, l'échange thermique entre l'occupant et l'air ambiant est réduit en période de sommeil. Pour les usages d'habitation, la température d'inconfort chaud aux heures de la nuit est donc supposée égale à la température de consigne de refroidissement en occupation normale, sans effet du confort adaptatif.

<sup>2</sup> La norme NF EN 15251 précise que la base de données utilisée pour déterminer la température d'inconfort chaud est restreinte pour des  $\theta_{rm}(j)$  supérieures à 25°C.

Le calcul de la température d'inconfort chaud par catégorie d'ambiance est le suivant :

**SI**  $Cat\_amb=1$

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op\_min\_max} ; \theta_{op\_inc\_max\_C1}(j)) \quad (163)$$

**SI**  $Cat\_amb=2$

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op\_min\_max} ; \theta_{op\_inc\_max\_C2}(j)) \quad (164)$$

**SI**  $Cat\_amb=3$

**SI**  $6 < h_{veg} \leq 22,$

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op\_min\_max} ; \theta_{op\_inc\_max\_C3}(j)) \quad (165)$$

**SINON** (période de sommeil),

$$\theta_{op\_conf\_ch}(h) = \theta_{iifr}^+$$

La température d'inconfort chaud  $\theta_{op\_conf\_ch}(h)$  est calculée à chaque heure et pour chaque groupe. Elle est, par définition, identique pour tous les groupes d'une même zone.

*Note : en mode Th-D, la température de consigne de refroidissement prend en compte la suppression des vacances (cf. scénarios conventionnels)*

#### 2.1.3.4 Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne

L'indicateur de période de confort adaptatif  $Is_{conf\_adapt}(h)$  dépend des données météorologiques et est donc calculé dans la fiche algorithmique « C\_EEX\_climat extérieur ».

Remarque : la température de consigne de refroidissement est donnée au niveau de la zone (puisque liée aux scénarios d'occupation). Cependant, quelle que soit sa valeur, par construction, nous sommes en période de confort adaptatif lorsque la  $\theta_{rm}(j)$  est supérieure à 16°C. Cette condition ne dépend que du climat et est donc la même pour toutes les zones d'un bâtiment.

Par ailleurs, nous déterminons l'écart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation :

Si Mode=Th-D,

$$\Delta\theta_{conf\_adapt}(h) = \max(0 ; \theta_{op\_conf\_ch}(h) - \theta_{iifr}^+) \quad (166)$$

Sinon

$$\Delta\theta_{conf\_adapt}(h) = 0 \quad (167)$$

Par construction, cet écart est nul hors période de confort adaptatif.  $\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$  est utilisé dans les modèles lorsque la température ressentie par l'occupant est un critère d'action sur le bâti.

### 2.1.3.5 Déplacement de la zone de confort

En présence de systèmes qui modifient la sensation thermique des occupants (par la création d'une vitesse d'air, un apport ou une diminution de l'humidité de l'air, etc.), la zone de confort est modifiée.

$$\theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) = \theta_{op\_conf\_ch}(h) + \Delta\theta^{corr\_syst}(h) \quad (168)$$

Cette température va être comparée à la température opérative du groupe.

### 2.1.3.6 Calcul de $\theta_{op}(h)$

La température opérative  $\theta_{op}(h)$  est calculée heure par heure pour chaque groupe (cf. C\_BAT\_Comportement thermique du groupe et C\_EMI\_Systèmes Emissions du groupe en chaud et froid).

En fonction de la catégorie CE1 ou CE2 du groupe et de son caractère climatisé ou non, deux modes de calcul de la température opérative sont choisis. Pour les groupes climatisés, la température opérative est calculée avec les équipements (conventionnels) du mode Th-B, on parle alors d'un calcul de Dies en mode Th-DB. Pour les groupes non climatisés, la température opérative est calculée avec les équipements utilisés par le mode Th-C, on parle alors d'un calcul de Dies en mode Th-DC. Le tableau propose un résumé :

	Groupe CE1 non climatisé	Groupe CE1 clim	Groupe CE2
	<i>catégorie_CE1_CE2<sup>gr</sup>=1</i> <i>ET</i> <i>I<sub>sclimatise<sup>gr</sup></sub>=0</i>	<i>catégorie_CE1_CE2<sup>gr</sup>=1</i> <i>ET</i> <i>I<sub>sclimatise<sup>gr</sup></sub>=1</i>	<i>catégorie_CE1_CE2<sup>gr</sup>=2</i>
<b>La Dies du mode Th-D est calculée...</b>	Avec le bâtiment et ses équipements réels (mode Th-DC)	En mode "Besoins", sans équipements et en évolution libre (mode Th-DB)	En mode "Besoins", sans équipements et en évolution libre (mode Th-DB)

**Tableau 26 : Précisions sur le mode de calcul Th-D**

### 2.1.3.7 Calcul de l'insatisfaction au fil du temps

Les sensations thermiques de l'homme sont liées principalement à l'équilibre thermique du corps dans son ensemble. Cet équilibre est influencé par son activité physique et par son vêtement ainsi que par les paramètres de l'environnement : température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité de l'air. Lorsque ces facteurs ont été estimés ou mesurés, la sensation thermique du corps considéré dans son ensemble peut être prédite en calculant l'indice **PMV** (vote moyen prévisible, de l'anglais *Predicted Mean Vote*).

L'indice **PPD** (pourcentage prévisible d'insatisfaits, de l'anglais *Predicted Percentage Dissatisfied*) donne des informations sur l'inconfort thermique ou l'insatisfaction thermique, en estimant le pourcentage de personnes susceptibles d'avoir trop chaud ou trop froid dans une ambiance donnée. Le PPD peut être déterminé à partir du PMV.

Le nouvel indicateur de confort d'été repose sur cette notion de pourcentage d'insatisfaits. Il dépend de l'écart entre la température ressentie par les occupants et la température d'inconfort chaud.

### 2.1.3.7.1 Conventions d'occupants

Dans la méthode réglementaire, le comportement des occupants est conventionnel. Pour évaluer le confort d'été, l'activité de l'occupant (en MET) et son habillement (exprimé en clo) sont nécessaires. Aux conventions existantes sont donc ajoutés :

$$\begin{cases} \text{MET} = 1.0 \\ \text{CLO} = 0.5 \end{cases} \quad (169)$$

Ces conventions seront utilisées pour calculer le PMV et le PPD.

### 2.1.3.7.2 Principe

Nous considérons que la zone de confort de l'occupant est déterminée pour un  $\text{PPD} \leq 10\%$ . L'idée est donc de calculer le pourcentage statistique d'insatisfaits au-delà de la zone de confort ( $\text{PPD} > 10\%$ ).

Hypothèse : pour  $\theta_{op}(h) = \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) \Rightarrow \text{PPD} = 10\%$ .

### 2.1.3.7.3 En situation d'inconfort chaud

Lorsque  $\theta_{op}(h) > \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h)$ .

#### Calcul du PMV

En premier lieu, le PMV à la température opérative corrigée du groupe est calculé.

$$PMV(\theta_{op}(h)) = PMV(\theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h)) + \delta PMV \times (\theta_{op}(h) - \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h)) \quad (170)$$

Où,  $\delta PMV$  est la pente de la droite  $PMV = f(\theta_{op})$  pour un métabolisme de 1 MET, un habillement de 0,5 clo et une vitesse relative d'air de 0,2 m/s.

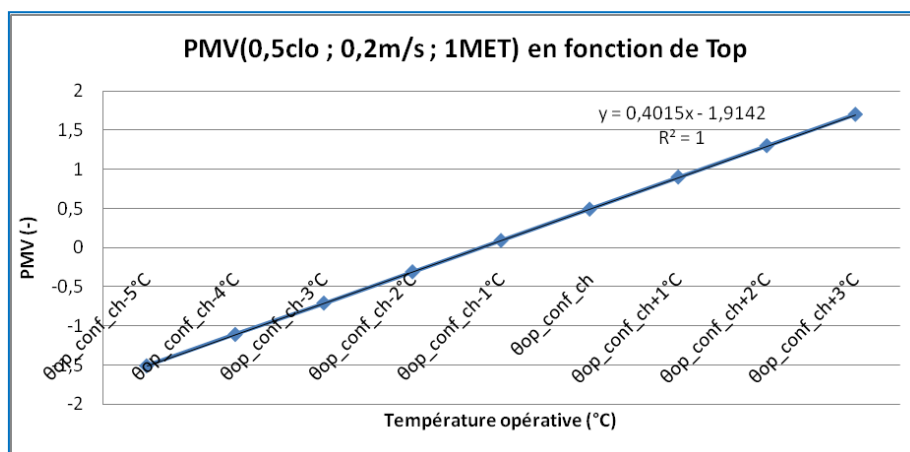


Figure 6 : PMV en fonction de la température opérative

La valeur de PMV à la température  $\theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h)$  correspond à un PPD de 10% et délimite la zone d'inconfort. Elle est constante quelle que soit la température d'inconfort.

Calcul du PPD

Le PPD est calculé pour les deux températures qui nous intéressent :

- la température d'inconfort chaud ;
- la température ressentie par les occupants.

$$\begin{cases} PPD \left( PMV \left( \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) \right) \right) = 10\% \\ PPD \left( PMV \left( \theta_{op}(h) \right) \right) = 100 - 95 \times \exp \left( -0.03353 \left( PMV \left( \theta_{op}(h) \right) \right)^4 - 0.2179 \left( PMV \left( \theta_{op}(h) \right) \right) \right) \end{cases} \quad (171)$$

Calcul du ΔPPD

Le pourcentage d'insatisfaits au-delà de la zone de confort ΔPPD(h) s'exprime donc de la manière suivante :

$$\Delta PPD(h) = PPD \left( PMV \left( \theta_{op}(h) \right) \right) - PPD \left( PMV \left( \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) \right) \right) \quad (172)$$

$$\Delta PPD(h) = PPD \left( PMV \left( \theta_{op}(h) \right) \right) - 10\% \quad (173)$$

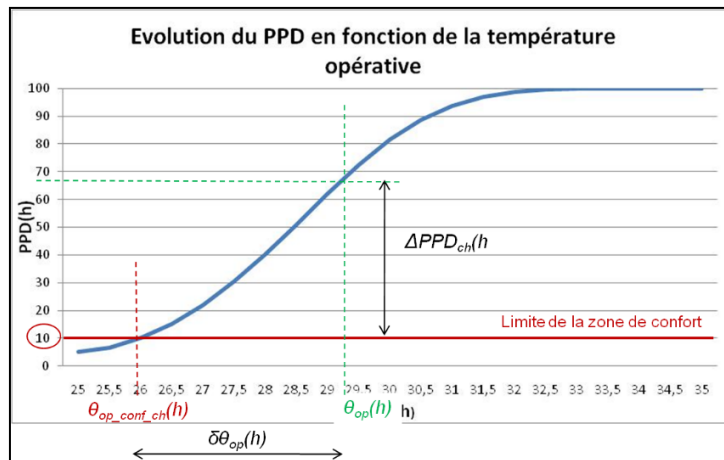


Figure 7 : Exemple d'un calcul du PPD en fonction de la température opérative

Calcul des indicateurs pédagogiques

Les calculs sont effectués en période de confort adaptatif et en période d'occupation ( $I_{s_{conf\_adapt}}(h)=1$  et  $I_{occ\_zone}(h)=1$ ). Ils consistent à comptabiliser le nombre d'heure où la température ressentie par les occupants dépasse la température d'inconfort chaud +0,1 et 2°C.

Initialisation au pas de temps 0 :  $Nbh_{inconf} = Nbh_{inconf+1C} = Nbh_{inconf+2C} = 0$

$$\text{SI } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) \quad (174)$$

$$Nbh_{inconf} += 1$$

$$\text{SI } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op\_conf\_ch\_corr}(h) + 1 \quad (175)$$

$$Nbh_{inconf+1C} += 1$$

$$\text{SI } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_{conf_{ch_{corr}}}}(h) + 2 \quad (176)$$

$$Nbh_{inconf+2C} += 1$$

#### 2.1.3.7.4 En dehors de la zone d'inconfort chaud

Lorsque la température ressentie est inférieure à la température d'inconfort chaud ( $\theta_{op}(h) < \theta_{op_{conf_{ch_{corr}}}}(h)$ ), il n'y a alors pas d'insatisfaits supplémentaires :

$$\Delta PPD(h) = 0 \quad (177)$$

#### 2.1.3.8 Calcul de l'indicateur de confort d'été

L'indicateur de confort d'été est égal au nombre d'heures pondérées par le pourcentage d'insatisfaits au-delà de la zone de confort, pendant la période d'observation. Autrement dit, on intègre à chaque pas de temps sur la période d'observation le pourcentage d'insatisfaits au-delà de 10%.

SI  $I_{occ\_zone}(h)=1$  et si  $I_{sconf_{adapt}}=1$

$$Dies = \sum_{\substack{h \text{ telle que} \\ (I_{s\_occ\_zone}(h)=1 \text{ et} \\ I_{s\_conf\_adapt}(h)=1)}} \Delta PPD(h) \quad (178)$$

SINON

$$Dies = 0 \quad (179)$$

#### Calcul des indicateurs pédagogiques

Deux autres indicateurs pédagogiques peuvent également être calculés à l'issue de l'année de simulation.

- Le nombre de degrés heure non pondérés d'inconfort chaud :

$$NDh = \sum_{\substack{h \text{ telle que} \\ (I_{s\_occ\_zone}(h)=1 \text{ et} \\ I_{s\_conf\_adapt}(h)=1)}} \max(0; \theta_{op}(h) - \theta_{op_{conf_{ch_{corr}}}}(h)) \quad (180)$$

- L'intensité moyenne de l'inconfort, en divisant la *Dies* par le nombre d'heures non pondérées :

$$PPD_{moy} = \frac{Dies}{Nbh_{inconf}} \quad (181)$$

#### 2.1.4 VALEURS SEUILS DE DIES (INDICATIF)

En 2014, un groupe d'experts « Confort d'été » mandaté par la DHUP, a proposé des valeurs possibles de seuils d'exigences réglementaires pour l'indicateur DIES. Leurs travaux ont abouti à des valeurs de seuils sous la forme d'une valeur  $DIES_{max}$ , modulée en fonction de l'altitude, la zone climatique et l'exposition au bruit.

Ces valeurs de  $DIES_{max}$  sont fournies dans le présent chapitre à titre INDICATIF, afin de permettre aux expérimentateurs E+C- de situer la valeur de la DIES qu'ils obtiennent.

$$DIES_{max} = DIES_{base} \times Md_{exposition\ au\ bruit} \times Md_{altimétrie} \times Md_{zone\ climatique} \quad (182)$$

Les valeurs de chaque paramètre pour la plupart des usages réglementaires de bâtiments sont détaillées dans les tableaux suivants.

Usage	DIES <sub>base</sub>	Md <sub>exposition au bruit</sub>		Md <sub>altimétrie</sub>		
		BR1	BR2/BR3	0-400 m	400-800 m	>800 m
Maison individuelle	15	1	1,4	1	0,5	0,2
Logement collectif	10	1	2,1	1	0,6	0,2
Bureaux	120	1	1,15	1	0,55	0,25
Enseignement primaire	50	1	1,1	1	0,5	0,2
Enseignement secondaire	55	1	1,15	1	0,4	0,1
Enseignement Universitaire	70	1	1,15	1	0,4	0,1
EPHAD	50	1	1,5	1	0,25	0,1
Crèches	75	1	1,1	1	0,45	0,2
Commerces <1000m <sup>2</sup>	290	1	1,1	1	0,65	0,4
Commerces >1000m <sup>2</sup>	660	1	1,1	1	0,65	0,4
Restaurant 1 RPJ 5j/7j	40	1	1,1	1	0,6	0,3
Restaurant 2 RPJ 6j/7j	160	1	1,1	1	0,6	0,3
Restaurant 2 RPJ 7j/7j	160	1	1,1	1	0,6	0,3
Restaurant service continu 7j/7j	200	1	1,1	1	0,6	0,3
Cantine scolaire 1 RPJ 5j/7j	45	1	1,1	1	0,6	0,3
Cantine scolaire 3 RPJ 5j/7j	95	1	1,1	1	0,6	0,3
Industrie 8h-18h	80	1	1	1	0,5	0,2
Industrie 3x8h	200	1	1	1	0,55	0,2
Aérogare	200	1	1	1	0,6	0,3
Hôpitaux Jour	120	1	1,3	1	0,6	0,3
Hôpitaux Nuit	100	1	1,8	1	0,5	0,2
Hotel * zone nuit	18	1	1	1	0,45	0,2
Hotel ** zone nuit	18	1	1	1	0,4	0,15
Hotel *** zone nuit	15	1	1	1	0,6	0,3
Hotel * zone jour	100	1	1	1	0,6	0,4
Hotel ** zone jour	100	1	1	1	0,6	0,4
Hotel *** zone jour	50	1	1	1	0,6	0,3

Tableau 27 : Paramètres de calcul du  $DIES_{max}$  par usages

Usage	Md <sub>zone climatique</sub>							
	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
Maison individuelle	0,7	1,4	1,6	1	1	1,7	3	1,9
Logement collectif	0,9	1,5	2,1	1,3	1	1,7	2,4	2,1
Bureaux	0,58	1	1,42	0,83	1	1	2,83	2,75
Enseignement primaire	0,44	1	1,2	1,1	1	0,8	2,5	2
Enseignement secondaire	0,45	1	1,09	1,27	1	0,91	2,55	2
Enseignement Universitaire	0,36	0,93	1,14	0,71	1	0,64	2,86	3
EPHAD	0,7	1,4	2,2	0,9	1	1,6	3,6	6
Crèches	0,67	1,07	1,33	1,07	1	0,93	2,93	3,13
Commerces <1000m <sup>2</sup>	0,67	0,86	1,34	0,97	1	1,17	2,48	2,38
Commerces >1000m <sup>2</sup>	0,68	0,85	1,25	0,9	1	1,15	2,04	1,92
Restaurant 1 RJ 5j/7j	0,63	1,25	2	0,88	1	1,25	4,5	5,4
Restaurant 2 RPJ 6j/7j	0,69	1	1,69	1,06	1	1,38	3,13	2,75
Restaurant 2 RPJ 7j/7j	0,72	1,09	1,75	1,06	1	1,38	3,13	3
Restaurant service continu 7j/7j	0,7	1,1	1,55	1,1	1	1,4	3	3
Cantine scolaire 1 RPJ 5j/7j	0,38	1	1	1	1	0,89	2,67	2,89
Cantine scolaire 3 RPJ 5j/7j	0,47	0,95	1	1	1	1	2,63	2,1
Industrie 8h-18h	0,69	1,25	2	0,88	1	1,38	3,88	4,25
Industrie 3x8h	0,7	1,1	1,8	0,95	1	1,54	3,2	3,75
Aérogare	0,75	1,1	1,72	1,12	1	1,45	3,1	2,95
Hôpitaux Jour	1	1,5	2,4	1,3	1,3	1,7	4,9	4,2
Hôpitaux Nuit	1	1,4	2,6	1,3	1,3	2	4,4	4,4

**Tableau 28 : Modulation climatique par usages pour le calcul de DIES<sub>max</sub>**

Pour l'usage « Hôtel », un coefficient Md<sub>exposition au bruit</sub> commun à toutes les zones climatiques n'a pu être défini. En fonction de l'exposition au bruit de la zone, les paramètres suivants doivent être utilisés.

Usage	Exposition au bruit de la zone	Md <sub>zone climatique</sub>							
		H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
Hôtel * zone nuit	BR1	1	1,4	2,1	1,2	1	1,7	2,5	2,5
	BR2/BR3	1,1	1,7	2,4	1,2	1,2	2	2,7	2,7
Hôtel ** zone nuit	BR1	0,7	1,3	1,8	1,1	1	1,6	1,7	1,7
	BR2/BR3	1,1	1,7	2,4	1,2	1,2	2	2,7	2,7
Hôtel *** zone nuit	BR1	0,6	1,4	1,8	0,7	0,9	1,5	1,5	1,4
	BR2/BR3	0,8	0,9	1,4	0,9	0,5	1,1	0,7	0,7
Hôtel * zone jour	BR1	1,6	1,8	3	2,4	1,9	2	4,7	4,7
	BR2/BR3	0,8	1,4	2,2	1,4	1,3	1,7	3,1	3,1
Hôtel ** zone jour	BR1	1,6	1,8	3	2,4	1,9	2	4,7	4,7
	BR2/BR3	0,8	1,4	2,2	1,4	1,3	1,7	3,1	3,1
Hôtel *** zone jour	BR1	1,8	1,8	2,4	2,9	1,2	1,6	4,1	4,1
	BR2/BR3	1,2	1,9	2,6	1,9	1,3	1,8	4,8	4,8

**Tableau 29 : Modulation climatique par usages et exposition au bruit pour le calcul de DIES<sub>max</sub>**

## 2.1.5 MODIFICATIONS MINEURES DES FICHES ALGORITHMIQUES TH-BCE PROPRE AU CALCUL DE LA DIÉS

La mise en place d'un nouveau mode de calcul d'un indicateur de confort d'été implique dans certains cas des modifications sur certaines fiches algorithmiques existantes dans la méthode Th-BCE. Plutôt que de rééditer chacune de ces fiches, l'ensemble des modifications apportées est répertorié par la suite. Les chapitres concernés sont mentionnés.

### 2.1.5.1 Données climatiques conventionnelles

En mode Th-D, la station de référence de la zone climatique H3 est Marseille. Pour les autres modes de calcul, la station de référence reste Nice.

### 2.1.5.2 C\_EEX\_Climat\_extérieur

#### 2.1.5.2.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

<b>Paramètres d'intégration du composant</b>					
<i>Mode</i>	Mode de calcul (0-Th-B / 1-Th-C / 2-Th-E (ancien indicateur) / 3-Th-BCE / 4-Th-D (nouvel indicateur) / 5-Th-BCDE)	-	0	5	-
<b>Sorties</b>					
<i>I<sub>conf_adapt</sub>(h)</i>	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-			
<i>θ<sub>rm</sub>(j)</i>	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C			
<b>Variables internes</b>					
<i>θ<sub>rm</sub>(j-1)</i>	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j-1.	°C			
<i>θ<sub>ei,moy</sub>(j)</i>	Température moyenne extérieure journalière valable au jour j (calculée sur l'ensemble des températures horaires du jour j-1).	°C			

#### 2.1.5.2.2 Description mathématique

##### ➤ Détermination de la période de confort adaptatif

Dans un premier temps, on calcule  $\theta_{rm}(j)$ , la moyenne glissante au jour  $j$  de la température extérieure. Cette moyenne est calculée au premier pas de temps du jour  $j$  ( $h$  tel que  $IHJ=1$ ) et reprise pour l'ensemble des autres pas de temps du jour.

Si  $IHJ = 1$ ,

$$\theta_{rm}(j) = 0$$

Sinon,

$$\theta_{rm}(j) = 0.8 \times \theta_{rm}(j-1) + 0.2 \times \theta_{ei,moy}(j) \quad (183)$$

$$\text{Avec } \theta_{ei,moy}(j) = \frac{\sum_{j-1} T_e(h)}{24}$$

Le bâtiment est en « période de confort adaptatif » lorsque la température limite d'inconfort chaud est supérieure à la température de consigne de refroidissement, ce qui équivaut aux jours où la  $\theta_{rm}(j)$  est supérieure à 16°C.

Si  $\theta_{rm}(j) \geq 16^\circ\text{C}$

$$I_{S_{conf\_adapt}}(h) = 1 \quad (184)$$

Sinon

$$I_{S_{conf\_adapt}}(h) = 0$$

➤ **Vitesse du vent**

Si **mode=Th-D** et si  $I_{S_{conf\_adapt}}(h)=1$  (période de confort adaptatif)

$$Vent(h) = 1 \text{ m/s} \quad (185)$$

Sinon

La vitesse de vent  $Vent(h)$  est issue du fichier météo

### 2.1.5.3 C\_EIN\_Détermination\_des\_saisons

#### 2.1.5.3.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant			
Th-D	$I_{S_{conf\_adapt}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif :	
		0 - hors période de confort adaptatif	-
		1 - en période de confort adaptatif	

#### 2.1.5.3.2 Calcul de $Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$

L'algorithme se fonde sur les critères suivants :

- Pour décréter le démarrage saisonnier des systèmes de froid, une somme glissante sur une durée de 1 à 4 semaines précédant le jour actuel  $j$  des degrés-heures en situation d'inconfort thermique chaud (voir la fiche « Indicateurs de confort »).

**En mode Th-D**, le démarrage saisonnier est également décrété au cours de la première journée de confort adaptatif rencontrée (s'il ne l'a pas déjà été par le critère standard).

- Pour décréter l'arrêt des systèmes de froid, une moyenne glissante sur une durée de 4 semaines précédant le jour actuel  $j$  des besoins bruts en froid du groupe.

**En mode Th-D**, l'arrêt saisonnier n'est décrété sur la base de ce critère que si on se trouve en dehors d'une période de confort adaptatif.

#### 2.1.5.3.3 Assemblage des calculs

L'algorithme suivant est déclenché chaque jour  $j$  de simulation, lorsque  $h_{leg} = 9h$ .

Pour la première semaine de simulation, jusqu'au 8<sup>ème</sup> jour non-inclus :

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \quad (186)$$

Pour la période allant du 8<sup>ème</sup> jour au 182<sup>ème</sup> jour:

$$\text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 0,$$

$$\text{Si } MG_{dh\_fr}^{gr}(j) \geq \text{Seuil}_{debut\_fr} \times \text{MAX} \left( 0.5; \frac{Nb_{h\_occ\_somme\_fr}(j)}{4 \times Nb_{h\_occ\_ref}} \right)$$

$$\text{ou (en mode Th-D :)} Is_{confort\_adaptatif}(h) \geq 0, \text{ alors,} \quad (187)$$

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)$$

Pour la période allant du 183<sup>ème</sup> au 245<sup>ème</sup> jour :

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1 \quad (188)$$

Pour la période allant du 246<sup>ème</sup> jour à la fin de la simulation :

$$\text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 1,$$

$$\text{Si } MG_{bfr}^{gr}(j) \leq \text{Seuil}_{fin\_fr} \text{ et (en mode Th-D :)} Is_{confort\_adaptatif}(h) = 0, \text{ alors,}$$

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \quad (189)$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)$$

## 2.1.5.4 C\_BAT\_Baie\_vitrée

### 2.1.5.4.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

#### Entrées du composant

Th-D	$iS_{conf\_adapt}(j)$	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1: en période de confort adaptatif 0: hors période de confort adaptatif	Ent
------	-----------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### Variables internes

$f_{ce,b}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel
---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

### 2.1.5.4.2 Calcul des flux de chaleur transmis au groupe par la baie vitrée b

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e »,  $f_{ce,n}(h)$ , variable au cours du temps :

En calculs Th-D:

$$f_{ce,b}(h) = 1 - iS_{confort\_adaptatif}(j) \quad (190)$$

Les facteurs de transmission solaires utilisés dans le calcul sont les suivants :

➤ **Baie sans protection en place :**

Pour un pas de temps donné h, les facteurs de transmission solaire de la paroi vitrée sans protection en place sont les suivants :

$$\begin{aligned} Sw1_{sp,b} &= f_{ce,b}(h).Sw1_{sp-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw1_{sp-e,b} \\ Sw2_{sp,b} &= f_{ce,b}(h).Sw2_{sp-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw2_{sp-e,b} \\ Sw3_{sp,b} &= f_{ce,b}(h).Sw3_{sp-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw3_{sp-e,b} \end{aligned} \quad (191)$$

➤ **Baie avec protection de type volet ou store enroulable en place :**

Pour un pas de temps donné h, les facteurs de transmission solaire de la paroi vitrée sans protection en place sont les suivants

$$\begin{aligned} Sw1_{ap,b} &= f_{ce,b}(h).Sw1_{ap-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw1_{ap-e,b} \\ Sw2_{ap,b} &= f_{ce,b}(h).Sw2_{ap-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw2_{ap-e,b} \\ Sw3_{ap,b} &= f_{ce,b}(h).Sw3_{ap-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw3_{ap-e,b} \end{aligned} \quad (192)$$

➤ **Baie avec protection à lames inclinées en place :**

Pour un pas de temps donné  $h$ , les facteurs de transmission solaire de la paroi vitrée sans protection en place sont les suivants :

$$\begin{aligned}
 Sw1_{ap-dir,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw1_{ap,dir-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw1_{ap,dir-e,b} \\
 Sw1_{ap-dif,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw1_{ap,dif-c,b}(h) + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw1_{ap,dif-e,b} \\
 Sw1_{ap-ref,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw1_{ap,ref-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw1_{ap,ref-e,b} \\
 \\
 Sw2_{ap-dir,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw2_{ap,dir-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw2_{ap,dir-e,b} \\
 Sw2_{ap-dif,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw2_{ap,dif-c,b}(h) + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw2_{ap,dif-e,b} \\
 Sw2_{ap-ref,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw2_{ap,ref-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw2_{ap,ref-e,b} \\
 \\
 Sw3_{ap-dir,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw3_{ap,dir-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw3_{ap,dir-e,b} \\
 Sw3_{ap-dif,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw3_{ap,dif-c,b}(h) + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw3_{ap,dif-e,b} \\
 Sw3_{ap-ref,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw3_{ap,ref-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw3_{ap,ref-e,b}
 \end{aligned}
 \tag{193}$$

### 2.1.5.5 C\_BAT\_Paroi\_opaque

#### 2.1.5.5.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

#### Entrées du composant

Th-D	$iS_{confort\_adaptatif}(j)$	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1 : en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif	Ent
------	------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### Variables internes

$f_{ce,k}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel
---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

#### 2.1.5.5.2 Calcul du flux solaire transmis au groupe

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e »,  $f_{ce,k}(h)$ , variable au cours du temps :

**En calculs Th-D:**

$$f_{ce,k}(h) = 1 - iS_{confort\_adaptatif}(j) \tag{194}$$

En modes Th-B, Th-C et Th-D, dans le cas général, le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable à chaque pas de temps de simulation  $h$ . Il est calculé de la manière suivante :

$$S_{f,k}(h) = f_{ce,k}(h) \cdot S_{f-c,k} + [1 - f_{ce,k}(h)] \cdot S_{f-e,k} \quad (195)$$

En modes Th-B, Th-C et Th-D, dans le cas particulier où la paroi est végétalisée (Type<sub>végétal</sub> = « 1 : végétalisée ») et que le jour j n'est pas inclus dans la période de repos végétatif ( $h > T_{\text{simul\_deb\_veg}}$  ET  $h < T_{\text{simul\_fin\_veg}}$ ) :

$$S_{f,k}(h) = f_{ce,k}(h) \cdot S_{f-v,c,k} + [1 - f_{ce,k}(h)] \cdot S_{f-v,e,k} \quad (196)$$

Enfin, en mode Th-E, on prend en compte systématiquement l'effet de la végétation :

$$S_{f,k}(h) = f_{ce,k}(h) \cdot S_{f-v,c,k} + [1 - f_{ce,k}(h)] \cdot S_{f-v,e,k} \quad (197)$$

### 2.1.5.6 C\_BAT\_Pont\_thermique

#### 2.1.5.6.1 § Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

#### Entrées du composant

Groupe	$i_{S_{\text{confort\_adaptatif}}(j)}$	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1 : en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif	Ent
--------	----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### Variables internes

$f_{ce,l}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel
---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

#### 2.1.5.6.2 Calcul des flux solaires transmis au groupe

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e »,  $f_{ce,l}(h)$ , variable au cours du temps :

**En calculs Th-D:**

$$f_{ce,l}(h) = 1 - i_{S_{\text{confort\_adaptatif}}(j)} \quad (198)$$

Le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable en fonction du pas de temps de simulation :

$$S_{f,l}(h) = f_{ce,l}(h) \cdot S_{f-c,l} + [1 - f_{ce,l}(h)] \cdot S_{f-e,l} \quad (199)$$

### 2.1.5.7 C\_BAT\_Gestion\_protections\_mobiles

#### 2.1.5.7.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

---

#### Entrées du composant

---

Climat ext.	$IS_{conf\_adapt}(h)$	Est-on en période de confort adaptatif (en mode Th-D) ?	°C
	$IS_{periode\_chaude}(h)$	Est-on en période chaude ?	°C

---

Un chapitre entier relatif au calcul des ratios de fermeture des protections mobiles en mode Th-D est rajouté à la fiche algorithme.

#### 2.1.5.7.2 Calcul des ratios de fermeture des PM dans Th-D

Ce paragraphe concerne le mode de calcul Th-D (*mode=4* ou *5*).

Hypothèses : Il s'agit ici de reprendre le mode de calcul des règles Th-BCE (matrices, etc...) en adaptant les ratios de fermeture à l'évaluation du confort d'été, comme cela a pu être fait dans les règles Th-E. Les différences entre modes de gestion sont conservées, mais une attention particulière est portée de sorte de favoriser la surventilation nocturne sans négliger les critères de sécurité, réduire les apports solaires en inoccupation, permettre aux occupants de moins fermer leurs protections mobiles pour profiter de la lumière du jour si la température intérieure n'est pas trop élevée.

Ceci se traduit par l'ajout d'une ligne « été Th-D » aux matrices Th-BC, le mode Th-BCE n'est pas impacté par ces modifications.

Dès lors, **en mode Th-D** :

- si  $Topj-1_{max} < 26.5^{\circ}\text{C}$ , on conserve les mêmes valeurs que Th-BC.
- si  $Topj-1_{max} \geq 26.5^{\circ}\text{C}$ , on vient lire les nouvelles valeurs (seuls les Rprot0 sont modifiés). Les seuils d'éclairement sont conservés. Il n'y a pas de PM2 (impact sur éblouissement et non confort thermique).

Les nouveaux ratios de Rprot0 de la gestion des protections mobiles en mode Th-D sont détaillés dans le tableau suivant.

		Résidentiel	Bureaux	Enseignement	Restauration	Hôpitaux nuit	Autres
Volets	Rprot1_manu_occ0_v	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(70% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(60% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	70%
	Rprot1_manu_inocc_v	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(70% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(60% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	60%
	Rprot1_manu_occ0_v(jour=nuit)	=min(70% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	=min(70% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	70%
	Rprot1_manu_inocc_v(jour=nuit)						
Stores enroulables	Rprot1_manu_occ0_se	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets
	Rprot1_manu_inocc_se	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets
	Rprot1_manu_occ0_se(jour=nuit)	50%	50%	50%	=min(70% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	Idem que volets
	Rprot1_manu_inocc_se(jour=nuit)						
Stores à lame	Rprot1_manu_occ_sv (Etp**≥ Eclim_manu_sv)	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	Rprot1_manu_inocc_sv (Etp**≥ Eclim_manu_sv)	70%	70%	70%	70%	70%	70%

**Tableau 30 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D**

Si  $I_{s_{conf\_adapt}}=0$  (hors période de confort adaptatif) (200)

Mêmes valeurs que dans le mode Th-BC.

Si  $I_{s_{conf\_adapt}}=1$  (en période de confort adaptatif)

Si Type-PM=1 (volets)

Si  $Topj-1_{max} < Topj-1lim\_manu\_v[z]$

Mêmes valeurs que dans le mode Th-BC.

(201)

Si  $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim\_manu\_v[z]$

(voir coeff. Tableau 30 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

)

Rprot2,b=0

Si Type-PM=2 (stores enroulables) (202)

Si  $Topj-1_{max} < Topj-1lim\_manu\_se[z]$

Mêmes valeurs que dans le mode Th-BC.

Si  $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim\_manu\_se[z]$

(voir coeff. Tableau 30 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

)

Rprot2,b=0

Si Type-PM=3 (stores à lames orientables)

(voir coeff. Tableau 30 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

(203)

)

*Rappel* : dans les règles Th-D et en période de confort adaptatif ( $Is_{conf\_adapt}(h)=1$ ), les lames du store vénitien sont conventionnellement inclinées à 90°.

### 2.1.5.8 C\_BAT\_Gestion de l'ouverture des baies pour la surventilation naturelle

#### 2.1.5.8.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

---

#### Entrées du composant

---

Confort	$\Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C
---------	---------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

---

#### 2.1.5.8.2 Calcul de $Rouv\theta_{op\_man}$ et $Rouv\theta_{op\_aut}$

##### 2.1.5.8.2.1 Détermination des températures de consigne

**En mode Th-D**, pour une gestion manuelle, les températures de consigne de la gestion manuelle des ouvertures de baies sont déterminées en ajoutant une correction relative à la prise en compte du confort adaptatif :

$$\theta_{ouv\_1\_man}(h) = \text{MIN}(\theta_{op\_base\_man} + \Delta\theta_{op\_1\_man}; \theta_{iifr\_+} - \Delta\theta_{op\_2\_man}) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h), \quad (204)$$

$$\theta_{ouv\_2\_man}(h) = \text{MIN}(\theta_{op\_base\_man} + \Delta\theta_{op\_1\_man} + \Delta\theta_{op\_2\_man}; \theta_{iifr\_+}) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$$

$$\theta_{fer\_1\_man}(h) = \text{MIN}(\theta_{op\_base\_man} + \Delta\theta_{op\_2\_man}; \theta_{ouv\_2\_man}) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h),$$

$$\theta_{fer\_2\_man}(h) = \text{MIN}(\theta_{op\_base\_man}; \theta_{ouv\_1\_man}) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h)$$

### 2.1.5.9 C\_BAT\_Débits de surventilation naturelle par ouverture des baies

#### 2.1.5.9.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

#### Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$R_{prot, b}(h)$	Ratio de fermeture de la protection mobile de la baie vitrée $b$	-

#### Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max
$^{Baies} Typo\_PM^b$	Typologie des Protections Mobiles pour le calcul d'un taux de passage à l'air	-	0	4

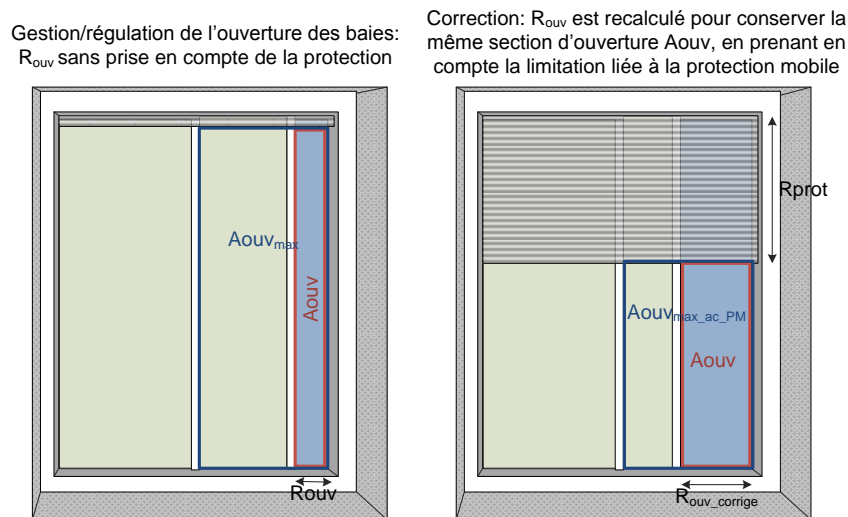
#### Variables internes

Nom	Description	Unité
$Taux_{passage\_air\_PM,}$	Taux de passage de l'air à travers la protection mobile mise en place	%
$A_{ouvmax\_ac\_PM^b}(h)$	Surface d'ouverture maximale de la baie $b$ avec protection mobile mise en place	m <sup>2</sup>
$Rouv\_corrige^b(h)$	Ratio surfacique d'ouverture de la baie d'indice $b$ , au temps $h$ en prenant en compte la limitation de la PM. La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie.	Réel

**2.1.5.9.2 Section d'ouverture totale du groupe**

**Dans le cas d'un calcul Th-DB ou TH-DC :**

On intègre l'impact de la réduction de section d'ouverture associée à la mise en place de la protection mobile au travers d'un ratio d'ouverture corrigé. Par soucis de simplification, la hauteur de tirage thermique intervenant dans le calcul du débit d'air entrant n'est pas corrigée en fonction de la position de la protection.



**Figure 8: prise en compte de l'interaction entre l'ouverture de la baie et la mise en place d'une protection mobile**

La valeur  $A_{ouvmax\_ac\_PM}^b$ , surface équivalente de la baie permettant un libre passage de l'air s'exprime de la manière suivante :

$$A_{ouvmax\_ac\_PM}^b (h) = A_{ouvmax}^b * (R_{prot,b} (h) * Taux_{passage\_air\_PM}^b + (1 - R_{prot,b} (h))) \quad (205)$$

Où :

- $Taux_{passage\_air\_PM}$  est le pourcentage d'air qui peut traverser la protection mobile une fois en place. Il s'agit d'une caractéristique fonction de la typologie de protection mobile (Typo\_PM) :

Typologie des PM (Typo_PM)	Taux <sub>passage_air_PM</sub> (%)
0 - Volets ajourés (surface ajourée < 10% de la surface totale) et sans possibilité d'ouverture intermédiaire	0 %
1- Protections mobiles à lames orientables (lames verticales) - Store enroulable (intérieur ou extérieur) - Volets ajourés (surface ajourée > 10% de la surface totale) - Valeur par défaut pour les autres protections mobiles	25%
2- Volets avec persiennes fixes	50%
3- Protections mobiles à lames orientables (lames non verticales) - Stores à bandes verticales - Volets avec possibilité d'ouverture intermédiaire (projection, etc.)	75%
4- Pas de protections mobiles (Type_PM_GPM=0)	100%

**Tableau 31 : typologie des Protections Mobiles selon leur taux de passage d'air**

- $R_{prot}^b(h)$  est le ratio de fermeture des protections mobiles de la baie dépendant de l'éclairage, des périodes de jour, de l'occupation etc., est calculé à chaque pas de temps dans la fiche Gestion des Protections Mobiles.
- $A_{ouv,max}^b$  est la surface d'ouverture maximale de la baie sans impact de la protection mobile (en m<sup>2</sup>).

Sur la partie de la baie entièrement couverte par la protection mobile (fraction  $R_{prot}(h)$  de la surface  $A^b$ ), seul le pourcentage  $Taux_{passage\_air\_PM}$  d'air peut traverser l'ouvrant. Sur la partie restante (fraction  $1-R_{prot}(h)$ ), nous supposons que l'air peut traverser librement la baie et sa première protection mobile.

En conséquence de la réduction de débit imposé par la protection mobile, le ratio d'ouverture de la baie corrigé est calculé comme suit :

$$R_{ouv\_corrige}^b(h) = MIN(1; \frac{R_{ouv}^b(h) \times A_{ouvmax}^b}{A_{ouvmax\_ac\_PM}^b(h)}) \quad (206)$$

Note : si  $A_{ouvmax\_ac\_PM}^b(h)$  est nul, on retient :  $R_{ouv\_corrige}^b(h) = R_{ouv}^b(h)$

Pour chaque baie d'indice b:

$$A_{ouv}^b(h) = R_{ouv\_corrige}^b(h) \times A_{ouvmax\_ac\_PM}^b(h) \quad (207)$$

La sommation est ensuite:

$$A_{ouv}(h) = \sum_b A_{ouv}^b(h) \quad (208)$$

### 2.1.5.10 C\_BAT\_Comportement thermique d'un groupe

Dans le cas du mode Th-D, des inerties dites séquentielles et annuelles sont intégrées avant l'étape de calcul de la matrice du comportement thermique du groupe. Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

#### 2.1.5.10.1 Nomenclature

Paramètres RT 2012						
	Nom	Description	Conv	Min	Max	Unité
Inertie séquentielle	$Type_{inertie\_seq}$	Classe d'inertie séquentielle au sens des règles Th-I	-	0	5	-
	$A_{ms\_surf}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du groupe $A_{gr}$ au sens de l'inertie séquentielle	-	0	$+\infty$	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
	$C_{ms\_surf}$	Capacité thermique séquentielle du groupe ramenée à la surface utile du groupe $A_{gr}$	-	0	$+\infty$	$\frac{kJ.m^{-2}.K^{-1}}$

Inertie annuelle	$Type_{inertie\_ann}$	Classe d'inertie annuelle au sens des règles Th-I	-	0	4	-
	$A_{ma\_surf}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance ramenée à la surface utile du groupe $A_{gr}$ au sens de l'inertie annuelle	-	0	$+\infty$	$m^2/m^2$
	$C_{ma\_surf}$	Capacité thermique annuelle du groupe ramenée à la surface utile du groupe $A_{gr}$	-	0	$+\infty$	$\frac{kJ \cdot m^{-2}}{K \cdot s}$

### Paramètres du modèle

	Nom	Description	Conv	Unité
Inerties quotidiennes, séquentielles et annuelles	$A_{mq}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques lourdes avec l'ambiance au sens de l'inertie quotidienne		$m^2$
	$A_{ms}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques lourdes au sens de l'inertie séquentielle avec l'ambiance		$m^2$
	$A_{ma}$	Surface d'échange équivalente des parois opaques lourdes au sens de l'inertie annuelle avec l'ambiance		$m^2$
	$C_{mq}$	Capacité thermique quotidienne du groupe		$kJ/K$
	$C_{ms}$	Capacité thermique séquentielle du groupe		$kJ/K$
	$C_{ma}$	Capacité thermique annuelle du groupe		$kJ/K$
Con stan	$Nbj_{seq}$	Nombre de jours constituant une séquence en ce qui concerne le calcul de l'inertie annuelle	14	j

### Variables internes

	Nom	Description	Unité
Prise en compte des inerties séquentielle et annuelle	$Hg_{mss}$ $R_{mss}$	Transmission thermique/résistance équivalente entre les surfaces internes au sens de l'inertie séquentielle et l'ambiance représentée par $\theta_s$	$W/K$ $K/W$
	$Hg_{mas}$ $R_{mas}$	Transmission thermique/résistance équivalente entre les surfaces internes au sens de l'inertie annuelle et l'ambiance représentée par $\theta_s$	$W/K$ $K/W$
	$\Delta C_{m,s-q}$	Différence entre la capacité thermique séquentielle du groupe et la capacité thermique quotidienne du groupe	$kJ/K$
	$\Delta C_{m,a-q}$	Différence entre la capacité thermique annuelle du groupe et la capacité thermique quotidienne du groupe	$kJ/K$
	$\Delta R_{ms,s-q}$	Différence entre les résistances $R_{ms,s}$ et $R_{ms,q}$	$K/W$
	$\Delta R_{ms,a-q}$	Différence entre les résistances $R_{ms,a}$ et $R_{ms,q}$	$K/W$
	$\theta_{mq,24h}(h)$	Moyenne sur 24 heures des températures $\theta_{mq}$	$^{\circ}C$
	$\theta_{mq,Nbj\_seq}(h)$	Moyenne sur le nombre de jours $Nbj_{seq}$ des températures $\theta_{mq}$	$^{\circ}C$
	$\theta_{ms,moy}(h)$	Température moyenne de $\theta_{ms}$ sur le pas de temps	$^{\circ}C$

Inerties séquentielle et annuelle	$\theta_{ma,moy}(h)$	Température moyenne de $\theta_{ma}$ sur le pas de temps	°C
	$\theta_{ms}(h)$	Température de masse au sens de l'inertie séquentielle à la fin du pas de temps h et h-1	°C
	$\theta_{ms}(h-1)$		
	$\theta_{ma}(h)$	Température de masse au sens de l'inertie annuelle à la fin du pas de temps h et h-1	°C
	$\theta_{ma}(h-1)$		
	$\phi_{mq\_seq}(h)$	Flux absorbé par la capacité thermique $C_{ms}$ aux pas de temps h et h-1	W
	$\phi_{mq\_seq}(h-1)$		
$\phi_{mq\_ann}(h)$	Flux absorbé par la capacité thermique $C_{ma}$ aux pas de temps h et h-1	W	
$\phi_{mq\_ann}(h-1)$			

**Tableau 32 : Nomenclature des différentes variables du modèle de comportement thermique d'un groupe**

### 2.1.5.10.2 Calcul des paramètres d'inertie

#### Inertie quotidienne :

Les valeurs adoptées pour  $A_{mq\_surf}$  et  $C_{mq\_surf}$  en fonction de la classe d'inertie  $Type_{inertie\_quo}$  sont les suivantes :

Classe d'inertie $Type_{inertie\_quo}$	$C_{mq\_surf}$ (kJ.K <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> )	$A_{mq\_surf}$ (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1 : Très légère	80	2,5
2 : Légère	110	2,5
3 : Moyenne	165	2,5
4 : Lourde	260	3,0
5 : Très lourde	370	3,5

**Tableau 33 : Classes d'inertie quotidienne**

La valeur  $Type_{inertie\_quo} = 0$  : *Personnalisée* permet la saisie directe des valeurs de  $A_{mq\_surf}$  et  $C_{mq\_surf}$ .

#### Inertie séquentielle :

Les valeurs adoptées pour  $A_{ms\_surf}$  et  $C_{ms\_surf}$  en fonction de la classe d'inertie  $Type_{inertie\_seq}$  sont les suivantes :

Classe d'inertie $Type_{inertie\_seq}$	$C_{ms\_surf}$ (kJ.K <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> )	$A_{ms\_surf}$ (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1 : Par défaut	$C_{mq\_surf}$	$A_{mq\_surf}$
2 : Très légère	$C_{mq\_surf}$	$A_{mq\_surf}$
3 : Légère	260	2,5
4 : Moyenne	500	3
5 : Lourde	850	3,5

**Tableau 34 : Classes d'inertie séquentielle**

La valeur  $Type_{inertie\_seq} = 0$  : *Personnalisée* permet la saisie directe de la valeur de  $C_{ms\_surf}$  et  $A_{ms\_surf}$ .

### Inertie Annuelle

Les valeurs adoptées pour  $A_{ma\_surf}$  et  $C_{ma\_surf}$  en fonction de la classe d'inertie  $Type_{inertie\_ann}$  sont les suivantes :

Classe d'inertie $Type_{inertie\_ann}$	$C_{ma\_surf}$ (kJ.K <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> )	$A_{ma\_surf}$ (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
1 : Par défaut	$C_{ms\_surf}$	$A_{ms\_surf}$
2 : Très légère	$C_{ms\_surf}$	$A_{ms\_surf}$
3 : Légère	1000	1,0
4 : Moyenne	6000	1,0

**Tableau 35 : Classes d'inertie annuelle**

La valeur  $Type_{inertie\_ann} = 0$  : *Personnalisée* permet la saisie directe de la valeur de  $C_{ma\_surf}$  et  $A_{ma\_surf}$ .

$A_{mq}$ ,  $A_{ms}$  et  $A_{ma}$ , surfaces d'échange avec les nœuds de températures des différentes constantes d'inertie sont calculées de la manière suivante :

$$A_{mq} = A_{mq\_surf} \times A \quad (209)$$

$$A_{ms} = A_{ms\_surf} \times A \quad (210)$$

$$A_{ma} = A_{ma\_surf} \times A \quad (211)$$

$C_{mq}$  est calculée de la manière suivante :

$$C_{mq} = C_{mq\_surf} \times A^{gr} \quad (212)$$

$C_{ms}$  est calculée de la manière suivante :

$$C_{ms} = C_{ms\_surf} \times A^{gr} \quad (213)$$

$C_{ma}$  est calculée de la manière suivante :

$$C_{ma} = C_{ma\_surf} \times A^{gr} \quad (214)$$

#### **2.1.5.10.3 Calcul des coefficients de transferts thermiques internes avec le nœud de température $\theta_s$**

Les coefficients de transfert thermique aux surfaces internes des composants opaques au sens de l'inertie séquentielle et de l'inertie annuelle,  $Hg_{ms\_s}$  et  $Hg_{ma\_s}$ , sont calculés de la manière suivante :

$$Hg_{mss} = h_{is} \cdot A_{ms}$$

$$R_{mss} = \frac{1}{Hg_{mss}} \quad (215)$$

$$Hg_{mas} = h_{is} \cdot A_{ma}$$

$$R_{mas} = \frac{1}{Hg_{mas}} \quad (216)$$

$$\Delta R_{ms,s-q} = R_{mss} - R_{mqs} \quad (217)$$

$$\Delta Hg_{ms,s-q} = \frac{1}{\Delta R_{ms,s-q}}$$

Note : pour  $\Delta R_{ms,s-q}$  nul,  $\Delta Hg_{ms,s-q} = 0$  W/K

$$\Delta R_{ms,a-q} = R_{mas} - R_{mqs}$$

$$\Delta Hg_{ms,a-q} = \frac{1}{\Delta R_{ms,a-q}} \tag{218}$$

Note : pour  $\Delta R_{ms,a-q}$  nul,  $\Delta Hg_{ms,a-q} = 0$  W/K

On introduit la différence entre les capacités thermiques équivalentes, permettant par la suite d'appliquer le principe de superposition :

$$\Delta C_{m,s-q} = C_{ms} - C_{mq} \tag{219}$$

$$\Delta C_{m,a-s} = C_{ma} - C_{ms} \tag{220}$$

Par définition,  $\Delta C_{m,s-q}$  et  $\Delta C_{m,a-s}$  sont positives ou nulles.

#### 2.1.5.10.4 Calcul des flux absorbés par les capacités séquentielles et annuelles

La prise en compte de l'inertie séquentielle et annuelle par rapport à l'inertie quotidienne repose sur le principe de superposition des états. Ainsi, le calcul prend en compte :

- les effets séquentiels en utilisant le réseau RC sur un pas de temps d'une journée,
- les effets annuels en utilisant le réseau RC sur une séquence a sens de l'inertie annuelle,
- les effets quotidiens traités en termes d'écart aux valeurs séquentielles et annuelles.

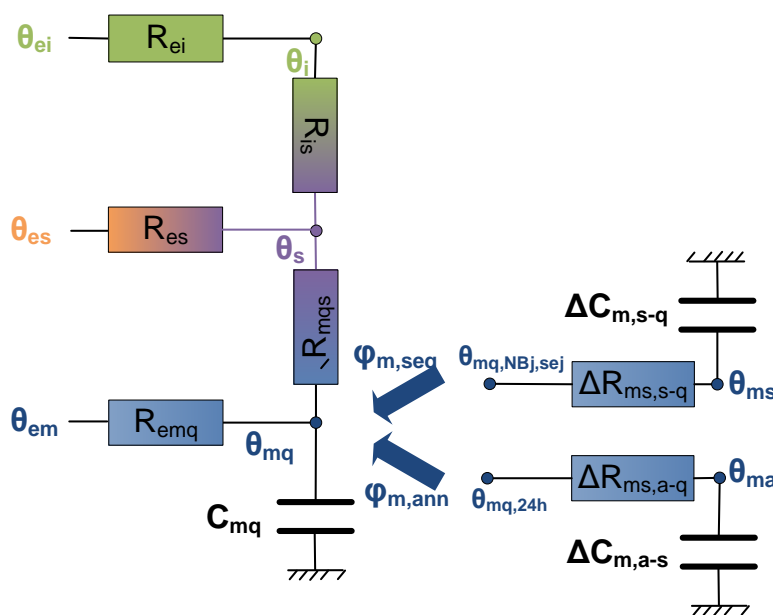


Figure 9: prise en compte des inerties séquentielle et annuelle du groupe

Inertie séquentielle :

Soit  $\theta_{mq,24h}(h)$ , la moyenne des  $\theta_{mq}(h)$  sur les dernières 24h de simulation :

$$\theta_{mq,24h}(h) = \frac{\sum_{t=h-1-24}^{h-1} \theta_{mq}(t)}{24} \quad (221)$$

**Note :**  $\theta_{mq,24h}(h)$  est initialisé à 18°C pour les 24h premières heures de simulation.

La résolution du bilan thermique au nœud  $\theta_{ms}$  ci-dessus est effectuée en moyenne sur 24h par utilisation d'un schéma de Crank-Nicholson :

$$\theta_{ms}(h) = \frac{\left( \frac{\Delta C_{m,s-q}}{3,6} - 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,s-q} \right) \cdot \theta_{ms}(h-1) + \Delta H g_{ms,s-q} \cdot \theta_{mq,24h}(h)}{\frac{\Delta C_{m,s-q}}{3,6} + 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,s-q}} \quad (222)$$

**Note :** au premier pas de temps de l'année,  $\theta_{ms}$  sera initialisé à 18°C.

Le flux absorbé par la capacité thermique quotidienne, dont la valeur peut être négative ou positive, est calculé comme suit :

$$\phi_{mq\_seq}(h) = \Delta H g_{ms,s-q} \cdot (\theta_{ms,moy}(h) - \theta_{mq,24h}(h)) \quad (223)$$

Où :

$$\theta_{ms,moy}(h) = \frac{\theta_{ms}(h) + \theta_{ms}(h-1)}{2} \quad (224)$$

Inertie annuelle :

Soit  $\theta_{mq,NBjseq}(h)$ , la moyenne des  $\theta_{mq,NBjseq}(h)$  sur la séquence de  $NBjseq$  jours précédents le pas de temps h:

$$\theta_{mq,NBjseq}(h) = \frac{\sum_{t=h-1-24 \cdot NBjseq}^{h-1} \theta_{mq}(t)}{24 \cdot NBjseq} \quad (225)$$

**Note :**  $\theta_{mq,NBjseq}(h)$  est initialisé à 19°C pour les  $NBjseq$  premiers jours de simulation.

La résolution de l'équation différentielle ci-dessus est effectuée en moyenne sur un certain nombre de jours ( $=NBjseq$ ) par utilisation d'un schéma de Crank-Nicholson :

$$\theta_{ma}(h) = \frac{\left( \frac{\Delta C_{m,a-s}}{3,6} - 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,a-q} \right) \cdot \theta_{ma}(h-1) + \Delta H g_{ms,a-q} \cdot \theta_{mq,NBjseq}(h)}{\frac{\Delta C_{m,a-s}}{3,6} + 0,5 \cdot \Delta H g_{ms,a-q}} \quad (226)$$

**Note** : au premier pas de temps de l'année,  $\theta_{ma}$  sera initialisée à 18°C.

Le flux absorbé par la capacité thermique annuelle, dont la valeur peut être négative ou positive, est calculé comme suit :

$$\phi_{mq\_ann}(h) = \Delta H g_{ms,a-q} \cdot (\theta_{ma,moy}(h) - \theta_{mq,NBjseq}(h)) \quad (227)$$

Où :

$$\theta_{ma,moy}(h) = \frac{\theta_{ma}(h) + \theta_{ma}(h-1)}{2} \quad (228)$$

### 2.1.5.10.5 Résolution du bilan thermique

On pose les variables de résolution intermédiaire suivantes :

$$U_1(h) = \frac{1}{\frac{1}{H g_{ei}(h)} + \frac{1}{H g_{is}}} \quad (229)$$

$$U_2(h) = U_1(h) + H g_{es}(h) \quad (230)$$

$$U_3(h) = \frac{1}{\frac{1}{U_2(h)} + \frac{1}{H g_{ms}}} \quad (231)$$

A partir du bilan thermique, la température de masse  $\theta_{mq}$  au pas de temps (h) est exprimée en fonction de sa valeur au pas de temps (h-1) de la manière suivante :

$$\theta_{mq}(h) = \frac{\theta_{mq}(h-1) \left[ \frac{C_{mq}}{3,6\Delta h} - 0,5(U_3(h) + H g_{emq}) \right] + \phi_{mqtot}(h) + \phi_{mq\_seq}(h) + \phi_{mq\_ann}(h)}{\frac{C_{mq}}{3,6\Delta h} + 0,5(U_3(h) + H g_{emq})} \quad (232)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \phi_{mqtot}(h) &= \phi_{mq}(h) + \phi_{sys,rad-mq} + H g_{emq} \cdot \theta_{em}(h) \\ &+ \frac{U_3(h)}{U_2(h)} \cdot \left[ \phi_s(h) + \phi_{sys,rad-s} + U_1(h) \cdot \left( \frac{\phi_i(h) + \phi_{sys-conv}}{H g_{ei}(h)} + \theta_{ei,eq}(h) \right) \right] \end{aligned} \quad (233)$$

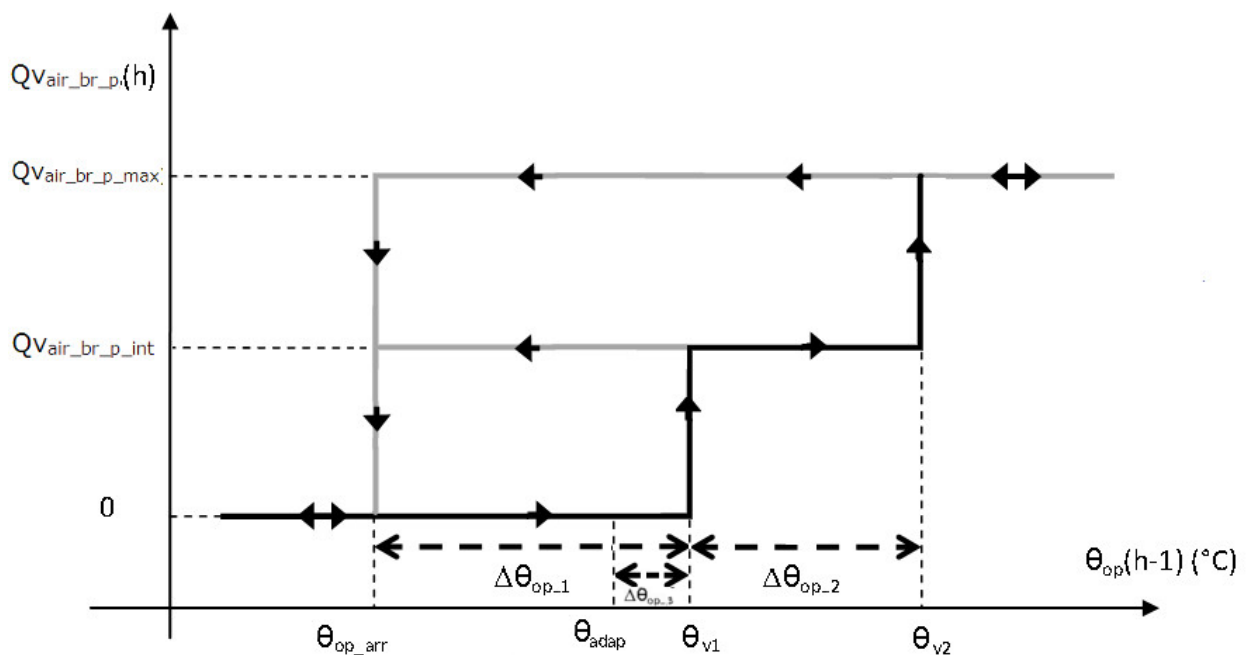
## 2.2 FICHE ALGORITHME : PRISE EN COMPTE DES BRASSEURS D'AIR DANS LE CALCUL DE CONFORT D'ETE

### 2.2.1 INTRODUCTION

La modélisation des brasseurs d'air est réalisée en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Un composant brasseur d'air est créé pour chaque type de brasseur d'air.
- La vitesse de l'air dans une zone couverte par des brasseurs d'un certain type est directement proportionnelle au taux de brassage dans cette zone.
- Le modèle utilisé est valable pour des hauteurs sous plafond inférieures à 3m.
- Pour des brasseurs d'un même type, on applique la même gestion/régulation ne sachant pas l'emplacement exact de l'occupant.
- La surface maximale desservie par un brasseur d'air est de 20 m<sup>2</sup>.
- Le fonctionnement des brasseurs d'air n'est possible qu'en période de confort adaptatif.

La modélisation de la gestion/régulation des brasseurs d'air est réalisée selon la température ressentie par les occupants, ou perçue par la sonde du système de régulation. Le débit brassé peut être égal à trois valeurs différentes (0,  $Q_{V_{air\_br\_p\_int}}$  et  $Q_{V_{air\_br\_p\_max}}$ ). Le profil choisit pour le choix du débit en fonction de  $\theta_{op,fin}$  est un profil à hystérésis en deux paliers basé sur 4 paramètres  $\theta_{op\_dec\_br}$ ,  $\Delta\theta_{op\_1\_br}$ ,  $\Delta\theta_{op\_2\_br}$  et  $\Delta\theta_{op\_3\_br}$  (voir Figure 10).



**Figure 10 : Débit brassé en fonction de la température opérative intérieure au pas de temps précédent**

### 2.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera  $h$  le pas de temps de simulation.

**Entrées du composant**

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$h_{\text{lég}}$	Heure légale au pas de temps h.	h			
$I_{S_{\text{conf\_adapt}}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	Bool			
$\theta_i(h)$	Température de l'air intérieur du groupe considéré, au pas de temps h.	°C			
$\theta_{\text{rm}}(h)$	Température radiante moyenne du groupe considéré, au pas de temps h.	°C			
$\theta_{\text{iifr}}^+(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C			
$\Delta\theta_{\text{conf\_adapt}}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C			
$SHON_{\text{RT}}$	Surface hors œuvre nette du bâtiment.	m <sup>2</sup>			
Zone	$i_{\text{occ\_zone}}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h : vrai : zone en occupation faux : zone en inoccupation	Entier		
	$SHON_{\text{RT}}^z$	Surface hors œuvre nette au niveau de la zone.	m <sup>2</sup>		
	Vol	Volume du groupe.	m <sup>3</sup>		
Groupe	$SHON_{\text{RT}}^{\text{gr}}$	Surface hors œuvre nette au niveau du groupe.	m <sup>2</sup>		
	$\theta_{\text{op,fin}}(h-1)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps h-1.	°C		
	$\theta_{\text{op,fin}}(h-2)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps h-2.	°C		
	categorie_CE1_CE2 <sup>gr</sup>	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe (1=CE1 / 2=CE2)	-	1	2
	$I_{S_{\text{climatise}}^{\text{gr}}}$	Indicateur au niveau du groupe précisant si le groupe est climatisé ou non (0=non climatisé / 1=climatisé)	-	0	1

**Sorties du composant**

Nom	Description	Unité
$\Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA}}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air.	°C
$C_{\text{ef\_BA\_m}}^{\text{gr}}$	Consommation globale mensuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{\text{ep\_BA\_m}}^{\text{gr}}$	Consommation globale mensuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEP/m <sup>2</sup>
$C_{\text{ef\_BA\_m}}^{\text{zn}}$	Consommation globale mensuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{\text{ep\_BA\_m}}^{\text{zn}}$	Consommation globale mensuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEP/m <sup>2</sup>
$C_{\text{ef\_BA\_m}}^{\text{bat}}$	Consommation globale mensuelle en énergie finale des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{\text{ep\_BA\_m}}^{\text{bat}}$	Consommation globale mensuelle en énergie primaire des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEP/m <sup>2</sup>

$C_{ef\_BA}^{gr}$	Consommation globale annuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEF/m2.an
$C_{ep\_BA}^{gr}$	Consommation globale annuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEP/m2.an
$C_{ef\_BA}^{zn}$	Consommation globale annuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEF/m2.an
$C_{ep\_BA}^{zn}$	Consommation globale annuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEP/m2.an
$C_{ef\_BA}^{bat}$	Consommation globale annuelle en énergie finale des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEF/m2.an
$C_{ep\_BA}^{bat}$	Consommation globale annuelle en énergie primaire des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEP/m2.an

### Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	p	Type de brasseur.	Entier	0	$+\infty$	
	$N_{br\_p}$	Nombre de brasseurs de type p.	Entier	0	$+\infty$	
	$Rat_{br\_p}$	Ratio de surface utile couverte par les brasseurs de type p.	Réel	0	1	
	$U_{Sp}$	Type d'usage pour les brasseurs de type p (Jour/Nuit).	Entier	0	1	
	mode_gestion_br_p	Paramètre de définition du mode de gestion des brasseurs de type p	Entier	1	3	
Gestion autom atrimia	$\Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_th\_aut}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique avec thermostats pour les brasseurs de type p.	°C	0	$+\infty$	
	$\Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_th\_aut}$					
	$\Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_th\_aut}$					
Gestion toute automatique	$\Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_aut}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique pour les brasseurs de type p.	°C	0	$+\infty$	
	$\Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_aut}$					
	$\Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut}$					
	$\theta_{op\_dec\_br\_p\_aut}$					

### Paramètres intrinsèques du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$P_{elec\_br\_p\_max}$ $P_{elec\_br\_p\_min}$	Puissances électriques individuelle maximale et minimale d'un brasseur d'air de type p.	W	0	$+\infty$	
	$QV_{air\_br\_p\_min}$ $QV_{air\_br\_p\_max}$	Débits volumiques individuels maximal et minimal d'un brasseur d'air de type p.	m3/h	0	$+\infty$	

### Variables internes

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$C_{BA\_p}(h)$	Consommation des brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	W			
	$P_{elec\_br\_p}(h)$	Puissance électrique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	W			
	$QV_{air\_br\_p}(h)$	Débit volumique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	m3/h			

Gestion manuelle	$Q_{\text{air\_br\_p\_tot}}(h)$	Débit volumique d'un brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	m <sup>3</sup> /h			
	$\tau_{\text{br\_p}}(h)$	Taux de brassage rapporté au brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	vol/h			
	$v_{\text{br\_p}}(h)$	Vitesse moyenne dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	m/s			
	$\Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA-p}}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA-jour}}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air en usage jour, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA-nuit}}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air en usage nuit, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{\text{op\_1\_br\_man}}$ $\Delta\theta_{\text{op\_2\_br\_man}}$ $\Delta\theta_{\text{op\_3\_br\_man}}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	Voir le tableau 2
	$\theta_{\text{op\_dec\_br\_man}}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{\text{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air de type p en gestion automatique avec thermostats.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{v1\_man}$ , $\theta_{v2\_man}$ , $\theta_{arr\_man}$	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	$+\infty$	-
$\theta_{v1\_aut}$ , $\theta_{v2\_aut}$ , $\theta_{arr\_aut}$	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	$+\infty$	-	

**Constantes**

Nom	Description	Unité
{Coef <sub>ep</sub> (énergie ;1)}	Matrice des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel -

**Tableau 36 : Nomenclature du modèle**

## 2.2.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

### 2.2.3.1 Paramètres d'intégration et intrinsèques

#### 2.2.3.1.1 Définition d'un type p de brasseur d'air

Les brasseurs d'air de type p sont définis par plusieurs paramètres qui sont les suivants : leur puissance électrique individuelle maximale  $P_{elec\_br\_p\_max}$ , leur puissance électrique individuelle minimale  $P_{elec\_br\_p\_min}$ , leur puissance électrique individuelle intermédiaire  $P_{elec\_br\_p\_int} = (P_{elec\_br\_p\_min} + P_{elec\_br\_p\_max})/2$ , leur débit volumique horaire individuel maximal  $Qv_{air\_br\_p\_max}$ , leur débit volumique horaire individuel minimal  $Qv_{air\_br\_p\_min}$  leur débit volumique horaire individuel intermédiaire  $Qv_{air\_br\_p\_int} = (Qv_{air\_br\_p\_min} + Qv_{air\_br\_p\_max})/2$ , leur nombre  $N_{br\_p}$ , le pourcentage de la surface utile du groupe qu'ils desservent  $Rat_{br\_p}$  avec une limite de 20 m<sup>2</sup> par brasseur de type p, leur type d'usage (Jour/Nuit)  $Us_p$  et leur mode de gestion  $mode\_gestion\_br\_p$ .

#### 2.2.3.1.2 Principe de calcul du $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$ engendré par un ensemble de brasseurs d'air de type p à chaque pas de temps h

Le  $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$  engendré par le fonctionnement d'un ensemble de brasseurs d'air de type p est calculé grâce aux différents paramètres définis dans le paragraphe 1.1.3.1.1 suivant l'algorithme  $Calcul\_Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air\_br\_p})$ .

#### Algorithme $Calcul\_Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air\_br\_p})$ :

D'un ensemble de brasseurs de type p, on se ramène à un brasseur de type p équivalent dont le débit volumique horaire serait :

$$Qv_{air\_br\_p\_tot}(h) = Qv_{air\_br\_p}(h) \cdot N_{br\_p} \quad (234)$$

On définit ensuite le taux de brassage  $\tau_{br\_p}$  rapporté au brasseur de type p équivalent :

$$\tau_{br\_p}(h) = \frac{Qv_{air\_br\_p\_tot}(h)}{Vol \cdot Rat_{br\_p}} \quad (235)$$

La vitesse moyenne  $v_{br\_p}$  dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p peut être approchée par la formule suivante :

$$v_{br\_p}(h) = 0,0032 \cdot \tau_{br\_p}(h) \quad (236)$$

On peut ensuite à partir de cette vitesse pour calculer le  $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$  qui est engendré par le fonctionnement d'un ensemble de brasseurs d'air de type p au débit  $Qv_{air\_br\_p\_max}$  ou  $Qv_{air\_br\_p\_int}$  qui est actualisé à chaque pas de temps selon la valeur de la température opérative, des paramètres de gestion et de l'usage (Jour/Nuit). Le  $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$  dépend donc de la vitesse moyenne  $v_{br\_p}$  dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p mais aussi de la température radiante moyenne  $\theta_{rm}$ , de la température de l'air intérieure  $\theta_i$  dans le groupe et se calcule grâce à la formule empirique suivante :

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = (1,8322 \cdot e^{0,036(\theta_{rm}(h) - \theta_i(h))}) \cdot \ln(v_{br\_p}(h)) + (3,0498 \cdot e^{0,036(\theta_{rm}(h) - \theta_i(h))}) \quad (237)$$

### 2.2.3.1.3 Définition de l'usage (Jour/Nuit)

L'usage est défini au niveau de chaque type p de brasseurs d'air. La variable  $Us_p$  peut prendre les valeurs suivantes:

- **0** : défini l'usage nuit pour les brasseurs de type p,
- **1** : défini l'usage jour pour les brasseurs de type p.

### 2.2.3.1.4 Définition du mode de gestion

Les modes de gestion de la vitesse sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air. La variable  $mode\_gestion\_br\_p$  peut prendre les valeurs suivantes:

- **1** : gestion manuelle de la vitesse (par les occupants).
- **2** : gestion automatique de la vitesse avec thermostats.
- **3** : gestion toute automatique de la vitesse.

#### 2.2.3.1.4.1 Paramètres en gestion manuelle

Les températures de consigne permettant la modélisation des actions des occupants vis-à-vis de la régulation de la vitesse des brasseurs d'air sont intégralement conventionnelles.

Les valeurs permettant la définition des températures de consigne sont définies conventionnellement dans le tableau 2. Elles sont les mêmes pour tous les usages.

Paramètres	Valeurs conventionnelles en usage jour	Valeurs conventionnelles en usage nuit
$\Delta \theta_{op\_1\_br\_man}$	3°C	3°C
$\Delta \theta_{op\_2\_br\_man}$	2°C	2°C
$\Delta \theta_{op\_3\_br\_man}$	1°C	

**Tableau 37: Paramètres conventionnels de consigne en gestion manuelle**

La valeur de  $\theta_{op\_dec\_br\_man}$  est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op\_dec\_br\_man}(h) = \theta_{iifr^+}(h) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h) + \Delta \theta_{op\_3\_br\_man}$$

#### 2.2.3.1.4.2 Paramètres en gestion automatique avec thermostats

Les paramètres de consigne en gestion automatique sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air.

Ces valeurs dépendent des paramètres de régulation utilisés dans le système automatique. L'utilisateur doit utiliser ses propres valeurs de consigne  $\Delta \theta_{op\_1\_br\_p\_th\_aut}$ ,  $\Delta \theta_{op\_2\_br\_p\_th\_aut}$  et  $\Delta \theta_{op\_3\_br\_th\_aut}$ .

La valeur de  $\theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}$  est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op\_dec\_br\_th\_aut}(h) = \theta_{iifr^+}(h) + \Delta\theta_{conf\_adapt}(h) + \Delta \theta_{op\_3\_br\_th\_aut}$$

### 2.2.3.1.4.3 Paramètres en gestion toute automatique

Les paramètres de consigne en gestion automatique sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air.

Ces valeurs dépendent des paramètres de régulation utilisés dans le système automatique. L'utilisateur doit utiliser ses propres valeurs de consigne  $\Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_aut}$ ,  $\Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_aut}$ ,  $\Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut}$  (0 par défaut) et  $\Delta\theta_{op\_dec\_br\_p\_aut}$ .

### 2.2.3.2 Détermination de la vitesse d'un type p de brasseur d'air

#### 2.2.3.2.1 Détermination des températures de consigne

Les trois températures  $\theta_{V1}$ ,  $\theta_{V2}$  et  $\theta_{arr}$  ne sont pas explicitement données en tant que variables d'intégration. Il est nécessaire de les calculer en fonction des données d'intégration :  $\Delta\theta_{op\_1\_br}$ ,  $\Delta\theta_{op\_2\_br}$  et  $\theta_{op\_dec\_br}$ .

Pour une gestion manuelle pour l'ensemble des brasseurs d'air:

$$\begin{aligned}\theta_{V1\_man}(h) &= \theta_{op\_dec\_br\_man}(h), \\ \theta_{V2\_man}(h) &= \theta_{op\_dec\_br\_man}(h) + \Delta\theta_{op\_2\_br\_man}, \\ \theta_{arr\_man}(h) &= \theta_{op\_dec\_br\_man}(h) - \Delta\theta_{op\_1\_br\_man}\end{aligned}\tag{238}$$

Pour une gestion automatique pour chaque type p de brasseur d'air :

$$\begin{aligned}\theta_{V1\_th\_aut}(h) &= \theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h), \\ \theta_{V2\_th\_aut}(h) &= \theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h) + \Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_th\_aut}, \\ \theta_{arr\_th\_aut}(h) &= \theta_{op\_dec\_br\_p\_th\_aut}(h) - \Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_th\_aut}\end{aligned}\tag{239}$$

Pour une gestion automatique pour chaque type p de brasseur d'air :

$$\begin{aligned}\theta_{V1\_aut} &= \theta_{op\_dec\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut}, \\ \theta_{V2\_aut} &= \theta_{op\_dec\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_2\_br\_p\_aut}, \\ \theta_{arr\_aut} &= \theta_{op\_dec\_br\_p\_aut} + \Delta\theta_{op\_3\_br\_p\_aut} - \Delta\theta_{op\_1\_br\_p\_aut}\end{aligned}\tag{240}$$

#### 2.2.3.2.2 Autorisation de fonctionnement des brasseurs d'air

On autorise le calcul de la gestion/régulation des brasseurs en période de confort adaptatif. Les algorithmes suivants ne sont exécutés que lorsque  $Is_{conf\_adapt}(h) = 1$ .

Plus généralement, les brasseurs d'air ne peuvent être utilisés que dans des groupes CE1 non-climatisés avec  $catégorie\_CE1\_CE2^{gr} = 1$  et  $Is_{climatisé}^{gr} = 0$ . Le calcul de la consommation annuelle des brasseurs d'air doit donc a fortiori être réalisé dans le mode Th-DC du mode Th-D.



Sinon, si  $i_{occ\_zone}(h)=1$ , alors

Si  $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,

Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1\_man}$ ,

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p}(h-1)$$

Sinon, si  $\theta_{v1\_man} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_man}$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Q_{v\_air\_br\_p\_it}; Q_{v\_air\_br\_p}(h-1))$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_man}$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Q_{v\_air\_br\_p\_mx}; Q_{v\_air\_br\_p}(h-1))$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,

Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_man}$ ,

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p\_mx}$$

Sinon, si  $\theta_{arr\_man} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_man}$

$$\text{Si } Q_{v\_air\_br\_p}(h-1) = Q_{v\_air\_br\_p\_mx}$$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p\_mx}$$

$$\text{Sinon, si } Q_{v\_air\_br\_p}(h-1) = Q_{v\_air\_br\_p\_it}$$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p\_it}$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr\_man}$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = 0$$

$$\Delta \theta_{op}^{BA-p}(h) = \text{Calcul\_} \Delta \theta_{op}^{BA-p}(p, Q_{v\_air\_br\_p}(h))$$

### 2.2.3.2.3.2 En gestion automatique avec thermostats

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la Figure 10, complété des spécificités du mode de gestion automatique :

$$\text{si } U_{S_p} = 0$$

Si  $22 < h_{\text{ég}} \leq 6$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = 0$$

Sinon, si  $6 < h_{\text{ég}} \leq 22$

Si  $i_{occ\_zone}(h)=0$ , alors

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = 0$$

Sinon, si  $i_{occ\_zone}(h)=1$ , alors

Si  $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,

Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1\_th\_aut}$ ,

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p}(h-1)$$

Sinon, si  $\theta_{v1\_th\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_th\_aut}$

$$Q_{v\_air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Q_{v\_air\_br\_p\_it}; Q_{v\_air\_br\_p}(h-1))$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_th\_aut}$

(243)

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = MAX(Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}; Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1))$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_th\_aut}$ ,*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}$$

*Sinon, si  $\theta_{arr\_th\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_th\_aut}$*

$$Si Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1) = Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}$$

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}$$

*Sinon, si  $Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1) = Q_{v_{air\_br\_p\_nit}}$*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = Q_{v_{air\_br\_p\_nit}}$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr\_th\_aut}$*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = \text{Calcul\_}\Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Q_{v_{air\_br\_p}}(h))$$

si  $U_{s_p} = 1$

*Si  $6 < h_{leg} \leq 22$*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = 0$$

*Sinon, si  $22 < h_{leg} \leq 6$*

*Si  $i_{occ\_zone}(h)=0$ , alors*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = 0$$

*Sinon, si  $i_{occ\_zone}(h)=1$ , alors*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1\_th\_aut}$ ,*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1)$$

*Sinon, si  $\theta_{v1\_th\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_th\_aut}$*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = MAX(Q_{v_{air\_br\_p\_nit}}; Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1)) \quad (244)$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_th\_aut}$*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = MAX(Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}; Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1))$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_th\_aut}$ ,*

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}$$

*Sinon, si  $\theta_{arr\_th\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_th\_aut}$*

$$Si Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1) = Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}$$

$$Q_{v_{air\_br\_p}}(h) = Q_{v_{air\_br\_p\_mx}}$$

*Sinon, si  $Q_{v_{air\_br\_p}}(h-1) = Q_{v_{air\_br\_p\_nit}}$*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_iit}$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr\_th\_aut}$*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = \text{Calcul\_}\Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air\_br\_p}(h))$$

### 2.2.3.2.3.3 En gestion toute automatique

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la Figure 10, complété des spécificités du mode de gestion automatique :

$$\text{Si } Us_p = 0$$

*Si  $22 < h_{\text{ég}} \leq 6$*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

*Sinon, si  $6 < h_{\text{ég}} \leq 22$*

*Si  $i_{occ\_zone}(h) = 0$ , alors*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

*Sinon, si  $i_{occ\_zone}(h) = 1$ , alors*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1\_aut}$ ,*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p}(h-1)$$

*Sinon, si  $\theta_{v1\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_aut}$*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Qv_{air\_br\_p\_iit}; Qv_{air\_br\_p}(h-1))$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_aut}$*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Qv_{air\_br\_p\_mx}; Qv_{air\_br\_p}(h-1)) \quad (245)$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,*

*Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_aut}$ ,*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_mx}$$

*Sinon, si  $\theta_{arr\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_aut}$*

$$\text{Si } Qv_{air\_br\_p}(h-1) = Qv_{air\_br\_p\_mx}$$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_mx}$$

$$\text{Sinon, si } Qv_{air\_br\_p}(h-1) = Qv_{air\_br\_p\_iit}$$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_iit}$$

*Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr\_aut}$*

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = \text{Calcul\_}\Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air\_br\_p}(h))$$

Sinon, si  $Us_p = 1$

Si  $6 < h_{lég} \leq 22$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

Sinon, si  $22 < h_{lég} \leq 6$

Si  $i_{occ\_zone}(h)=0$ , alors

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

Sinon, si  $i_{occ\_zone}(h)=1$ , alors

Si  $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,

Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1\_aut}$ ,

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p}(h-1)$$

Sinon, si  $\theta_{v1\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_aut}$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Qv_{air\_br\_p\_nit}; Qv_{air\_br\_p}(h-1))$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_aut}$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = \text{MAX}(Qv_{air\_br\_p\_mx}; Qv_{air\_br\_p}(h-1)) \quad (246)$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$ ,

Si  $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2\_aut}$ ,

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_mx}$$

Sinon, si  $\theta_{v1\_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2\_aut}$

$$Si \ Qv_{air\_br\_p}(h-1) = Qv_{air\_br\_p\_mx}$$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_mx}$$

$$Sinon, \ si \ Qv_{air\_br\_p}(h-1) = Qv_{air\_br\_p\_nit}$$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = Qv_{air\_br\_p\_nit}$$

Sinon, si  $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v1\_aut}$

$$Qv_{air\_br\_p}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-P}(h) = \text{Calcul\_}\Delta\theta_{op}^{BA-P}(p, Qv_{air\_br\_p}(h))$$

### 2.2.3.3 Calcul final du $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$

Après avoir calculé les différents  $\Delta\theta_{op}^{BA-P}(h)$ , on peut calculer le  $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$  global engendré par l'ensemble des brasseurs d'air présents dans le groupe. On définit tout d'abord un  $\Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h)$  et un  $\Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h)$ .

$$\Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h) = \frac{\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br\_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-P}(h)}{\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br\_p}} \quad (247)$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h) = \frac{\sum_{\forall p \cdot Us_p=1} Rat_{br\_p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA\_p}(h)}{\sum_{\forall p \cdot Us_p=1} Rat_{br\_p}}$$

Si  $6 < h_{lég} \leq 22$ , alors  $\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA\_jour}(h)$

Sinon, si  $22 < h_{lég} \leq 6$ , alors  $\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA\_nuit}(h)$

(248)

On obtient en sortie de cet algorithme le  $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$  global.

#### 2.2.3.4 Calcul de la consommation des brasseurs d'air $C_{BA}$ par groupe, zone et bâtiment

On calcule le débit des brasseurs de type p à chaque pas de temps h. La puissance électrique consommée par le brasseur d'air est proportionnelle au débit de ce même brasseur. Il en résulte l'algorithme suivant permettant de calculer la consommation globale des brasseurs d'air  $C_{BA}$  au niveau du groupe de la zone et du bâtiment.

$\forall$  groupe,  $\forall$  p,

$$C_{BA\_p} = 0$$

$\forall$  h,

si  $Q_{v\_air\_br\_p}(h) = 0$ , alors  $P_{elec\_br\_p}(h) = 0$

Sinon, si  $Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p\_int}$ , alors  $P_{elec\_br\_p}(h) = P_{elec\_br\_p\_int}$

Sinon, si  $Q_{v\_air\_br\_p}(h) = Q_{v\_air\_br\_p\_max}$ , alors  $P_{elec\_br\_p}(h) = P_{elec\_br\_p\_max}$

$$C_{BA\_p}(h) = C_{BA\_p}(h-1) + P_{elec\_br\_p}(h)$$

**Consommations en énergie finale et primaire des brasseurs d'air par groupe**

$$C_{ef\_BA\_m}^{gr} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} \sum_p C_{BA\_p}(h)}{SHON_{RT}^{gr}} \quad (249)$$

$$C_{ep\_BA\_m}^{gr} = Coef_{ep(50;1)} \cdot C_{ef\_BA\_m}^{gr}$$

$$C_{ef\_BA}^{gr} = \sum_{\text{mois} \in [1:12]} C_{ef\_BA\_m}^{gr}$$

$$C_{ep\_BA}^{gr} = Coef_{ep(50;1)} \cdot C_{ef\_BA}^{gr}$$

**Consommations en énergie finale et primaire des brasseurs d'air de la zone**

$$C_{ef\_BA\_m}^{zn} = \frac{\sum_{gr \in zn} SHON_{RT}^{gr} \cdot C_{ef\_BA\_m}^{gr}}{SHON_{RT}^z}$$

$$C_{ep\_BA\_m}^{zn} = \frac{\sum_{gr \in zn} SHON_{RT}^{gr} \cdot C_{ep\_BA\_m}^{gr}}{SHON_{RT}^z}$$

$$C_{ef\_BA}^{zn} = \sum_{mois \in [1:12]} C_{ef\_BA\_m}^{zn}$$

$$C_{ep\_BA}^{zn} = \sum_{mois \in [1:12]} C_{ep\_BA\_m}^{zn}$$

**Note :** les consommations de brasseurs d'air sont calculées uniquement à titre informatifs. Elles n'affectent ni l'indicateur Cep, ni l'indicateur Bilan\_BEPOS.

## 2.3 FICHE ALGORITHME: PRISE EN COMPTE DES PUIITS HYDRAULIQUES DANS LE CALCUL DE L'INDICATEUR DE CONFORT D'ETE DIES

### 2.3.1 INTRODUCTION

Il s'agit ici de modéliser dans Th-DC l'utilisation d'un puits hydraulique à eau glycolée comme système de refroidissement participant au maintien du confort d'été.

Un puits hydraulique consiste à utiliser l'énergie thermique du sol en été pour rafraîchir l'air neuf qui sera insufflé dans le bâtiment. Tandis que le puits provençal classique fait directement circuler l'air neuf dans des tubes enfouis dans le sol (faisant office d'échangeur air/sol), le puits hydraulique utilise l'eau glycolée comme caloporteur intermédiaire. C'est alors ce dernier qui capte la fraîcheur du sol (échangeur eau/sol) avant d'aller la restituer à l'air neuf entrant au travers d'un échangeur eau/air en amont de la CTA. L'utilisation d'un fluide caloporteur intermédiaire présente plusieurs avantages : fonctionnement en circuit fermé (diminution des risques bactériologiques), absence de condensats, peu d'entretien...

La modélisation du puits hydraulique se fait au travers de deux étapes :

- La présente fiche modélise l'ensemble du circuit d'eau glycolée et fournit en sortie le débit ainsi que la température de l'eau à l'arrivée de l'échangeur air/eau. La régulation du système ainsi que les consommations de la pompe sont également définies dans cette fiche.
- L'échangeur air/eau est quant à lui décrit au sein des fiches existantes de ventilation : **C\_VEN\_Mecanique\_double\_flux** et **C\_VEN\_Mecanique\_SF** selon le ou les types de systèmes associés au puits hydraulique. Ces dernières sont donc éditées pour prendre en compte l'utilisation d'un puits hydraulique comme soutien au refroidissement du bâtiment.

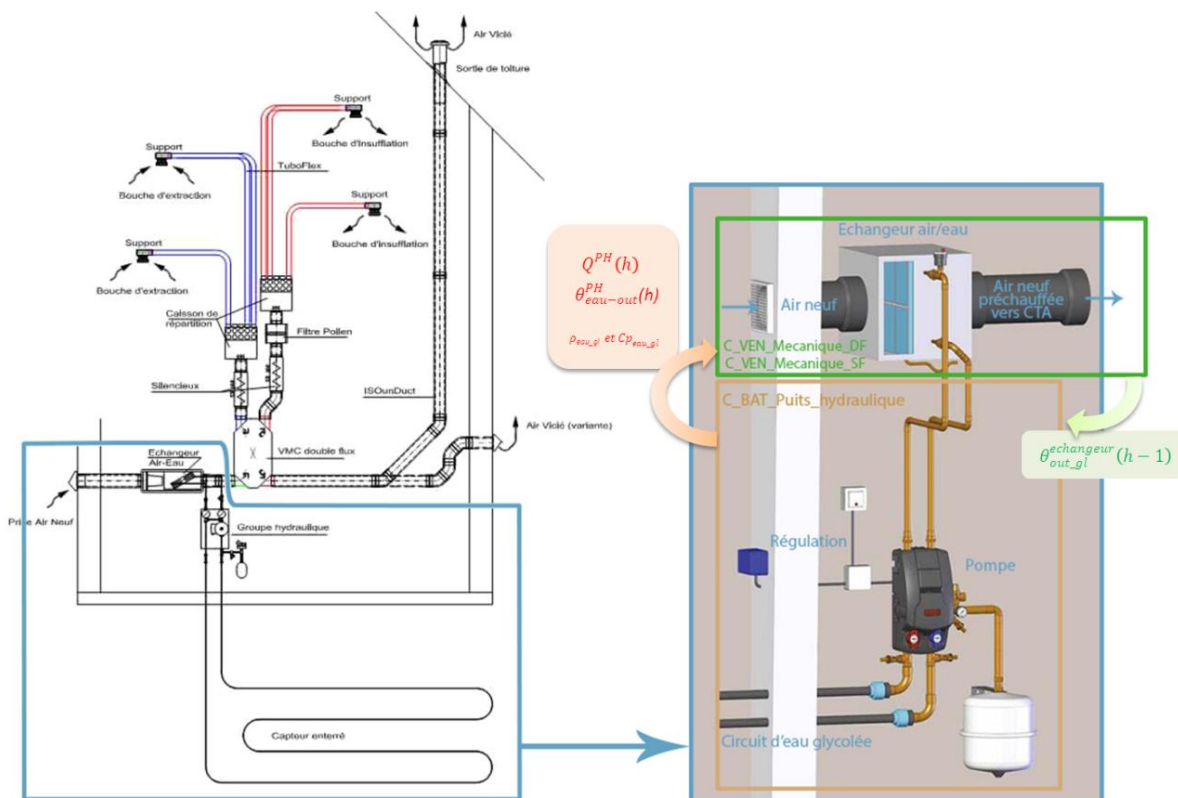


Figure 11 - Principe et modélisation du puits hydraulique

### 2.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera  $h$  le pas de temps de simulation.

#### Entrées du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$I_{Sconf\_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	Bool			
$\theta_{out\_gl}^{echangeur}(h-1)$	Température de l'eau glycolée en sortie de l'échangeur air/eau glycolée associé au puits hydraulique	°C			
$\theta_z(h-1)$	Température de la zone (= moyenne pondérée par la surface des températures de groupe) à la fin du pas de temps $h-1$ .	°C			
$T_{AN}(h)$	Température de l'air neuf	°C			
$\theta_z(h-2)$	Température de la zone (= moyenne pondérée par la surface des températures de groupe) à la fin du pas de temps $h-2$ .	°C			
$Q^{PH}(h-1)$	Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique au pas de temps $h-1$ .	m <sup>3</sup> /h			
$\theta_g(h-1)$	Température du sol au pas de temps $h-1$ .	°C			

#### Sorties du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{eau-out}^{PH}(h)$	Température de l'eau glycolée après passage dans le puits hydraulique (= température d'entrée échangeur)	°C
$Q^{PH}(h)$	Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique	m <sup>3</sup> /h
$T_{airout_{PH}}(h)$	Température de l'air neuf en sortie de l'échangeur air/eau glycolée du puits climatique	°C
$C_{ef\_PH\_m}^z$	Consommation mensuelle en énergie finale du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{ep\_PH\_m}^z$	Consommation mensuelle en énergie primaire du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEP/m <sup>2</sup>
$C_{ef\_PH\_a}^z$	Consommation annuelle en énergie finale du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{ep\_PH\_a}^z$	Consommation annuelle en énergie primaire du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEP/m <sup>2</sup>
$C_{ef\_PH\_m}^{bat}$	Consommation mensuelle en énergie finale des puits hydrauliques du bâtiment	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{ep\_PH\_m}^{bat}$	Consommation mensuelle en énergie primaire des puits hydrauliques du bâtiment	WhEP/m <sup>2</sup>
$C_{ef\_PH\_a}^{bat}$	Consommation annuelle en énergie finale des puits hydrauliques du bâtiment	WhEF/m <sup>2</sup>
$C_{ep\_PH\_a}^{bat}$	Consommation annuelle en énergie primaire des puits hydrauliques du bâtiment	WhEP/m <sup>2</sup>

#### Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$I_{hydraulique}$	Booléen indiquant le raccordement éventuel à un puits hydraulique pour chaque système de ventilation	Bool	Vrai	Faux	-

$Q_{max}^{PH}$	Débit maximum fourni par la pompe	m <sup>3</sup> /s	0	+ ∞	-
$P_{max}^{PH}$	Puissance nominale de la pompe	W	0	+ ∞	-
$L_{puits}$	Longueur du conduit hydraulique (Longueur d'échange sol/eau glycolée)	m	0	+ ∞	-
$\lambda_{tube}$	Conductivité thermique du conduit hydraulique	W/(m.K)	0	+ ∞	-
$e_p$	Epaisseur du conduit hydraulique	m	0	+ ∞	-
$d_i$	Diamètre intérieur du conduit hydraulique	m	0	+ ∞	-
$\epsilon_{PH}$	Efficacité de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation simplifiée : calculée en s'appuyant sur une certification, une mesure ou sur la déclaration du fabricant	ad	0	1	-
$UA_{echPH}$	Coefficient d'échange global de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation détaillée	W/K	-	-	-

### Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité			
Z	Profondeur d'enfouissement des conduits du puits hydraulique	m	0	+ ∞	-
$\theta_{reg\_base}$	Température de base de construction du diagramme à hystérésis (ou température intérieure visée)	°C	- ∞	+ ∞	-
$\Delta\theta_{arrêt}$	Ecart entre la température de consigne de démarrage de la pompe et la température d'arrêt.	°C	0	+ ∞	-
$\Delta\theta_{variable}$	Plage de température sur laquelle la pompe passe de 0% à 100% de sa puissance max (ou l'inverse).	°C	0	+ ∞	-

### Variables internes

Nom	Description	Unité			
$\theta_{in}^{PH}(h)$	Température en entrée du puits hydraulique	°C	- ∞	+ ∞	-
$P_{Pompe}^{PH}(h)$	Puissance fournie par la pompe				
$\theta_G$	Température du sol	°C	- ∞	+ ∞	-
$\epsilon$	Efficacité du puits hydraulique				
$\theta_{arrêt2}$					
$\theta_{arrêt1}$	Températures de consigne de l'hystérésis	°C			
$\theta_{dem1}$					
$\theta_{dem2}$					
$U_g$	Coefficient d'échange global entre l'eau glycolée et le sol (dépend du type de tube)	W/(m.K)			
$h_i$	Coefficient de surface interne entre l'eau glycolée et la face intérieure du conduit (échange par convection)	W/(m.K)			
AH	Facteur de correction de l'amplitude pour la température du sol	-			
VS	Déphasage de la température du sol par rapport à la température extérieure	h			
gm	Coefficient de correction de la température du sol en fonction de la nature du sol	-			

$\theta_{am}$	Température extérieure moyenne annuelle	
$\Delta\theta_a$	Amplitude de la variation annuelle de la température	
$JH$	Heure annuelle	h
$C_{air\_neuf\_total}$	Débit total capacitif de l'air neuf avant distribution aux différents systèmes desservis par le puits hydraulique	W/K
$C_{eau\_PH}$	Débit capacitif de l'eau glycolée du puits hydraulique	W/K
$C_{PH}$	rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux fluides de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-
$NUT_{PH}$	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-
$\mathcal{E}_{PHutile\_max}$	Efficacité maximale de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique en l'absence de valeurs certifiés ou déclarés.	-
$\mathcal{E}_{echPH}$	$\mathcal{E}_{PHutile\ max} = 0,50$ Efficacité de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation détaillée	-

### Constantes

Nom	Description	Unité
$\rho_{eau\_gl}$	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/m <sup>3</sup>
$\lambda_{eau\_gl}$	Conductivité thermique de l'eau glycolée	W/(m.K)
$\mu_{eau\_gl}$	Viscosité dynamique de l'eau glycolée	kg/(m.s)
$Cp_{eau\_gl}$	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	J/(kg.K)
$Coef_{ep(i), i=10 \text{ à } 60}$	Matrice des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel -

**Tableau 38 : Nomenclature du modèle**

### 2.3.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

#### 2.3.3.1 Hypothèses et caractéristiques du modèle

Le puits climatique est décrit au niveau de la zone. Il peut être relié à plusieurs systèmes de traitement d'air. **L'utilisation d'un puits climatique est autorisée uniquement dans le cas de bâtiments de type CE1 non-climatisés.**

De même, son fonctionnement n'est possible qu'en période de confort adaptatif.

La modélisation des échanges au niveau du sol reprend la plupart des hypothèses du modèle de puits climatique classique. A savoir :

- Le sol est considéré homogène et non perturbé par les échanges thermiques air/sol ;
- La température de la surface extérieure du conduit enterré est identique à celle du sol ;
- Le conduit enterré est considéré cylindrique, droit, et horizontal ;
- Les échanges latents sont négligés ;
- Le sol est considéré comme une source thermique infinie.

### 2.3.3.2 Température du sol au niveau du conduit enterré

Le calcul de la température du sol ne dépend pas du type de puits climatique (air ou hydraulique) mais de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit d'eau glycolée (Z). Le calcul est donc identique à celui présent dans la fiche algorithmique existante du puits climatique.

La température du sol dépend de la température moyenne annuelle d'air extérieur ( $\theta_{am}$ ), de l'amplitude annuelle de la température d'air neuf ( $\Delta\theta_a$ ), de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit (Z).

Etant donné que les variations de températures dans le sol sont moins importantes qu'à la surface, la température de l'air neuf est corrigée par les coefficients AH, VS et gm. Ainsi, la température du sol est modélisée sous la forme d'une courbe sinusoïdale.

Avec :

$$AH = \max(1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 - 0,000335 \cdot Z^3; 0) \quad (250)$$

$$VS = 24 \times (0,1786 + 10,298 \times Z - 1,0156 \times Z^2 + 0,3385 \times Z^3 - 0,0195 \times Z^4) \quad (251)$$

Où AH représente l'amplitude et VS la dérive de la courbe.

Finalement, la température du sol à une profondeur Z, est déterminée suivant la formule :

$$\theta_G = gm \cdot \left( \theta_{AM} - AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \times [JH - VS + 24 \cdot 25]\right) \right) \quad (252)$$

$\theta_{AM}$  est la moyenne des moyennes mensuelles.

$\Delta\theta_A = (\text{La moyenne mensuelle maximale} - \text{la moyenne mensuelle minimale})/2$ .

Les valeurs par défaut pour le coefficient gm sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Type_sol <sub>pc</sub>	Conductivité (W/mK)	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Capacité (J/kgK)	Facteur correctif gm
0-Sol humide	1,5	1400	1400	1,00
1-Sable sec	0,7	1500	920	0,90
2-Sable humide	1,88	1500	1200	0,98
3-Argile humide	1,45	1800	1340	1,04
4-Argile mouillée	2,9	1800	1590	1,05

**Tableau 39 : Propositions de gm pour différents types de sol**

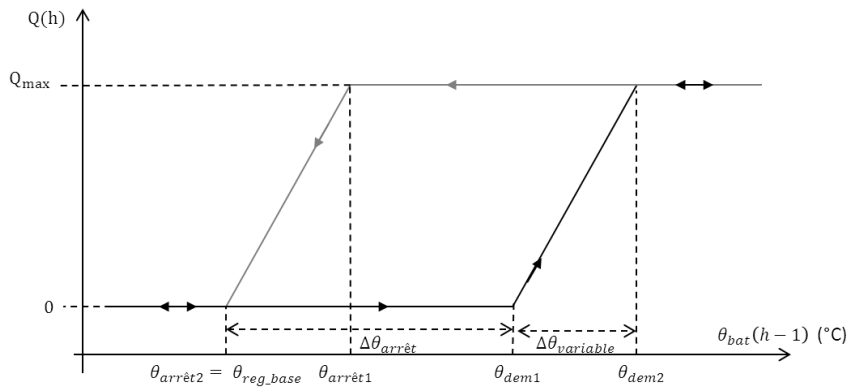
### 2.3.3.3 Gestion/Régulation du puits hydraulique

La gestion/régulation du puits hydraulique comme système de refroidissement en période de confort adaptatif se fait en fonction de la température intérieure  $\theta_z$  à l'échelle de la zone (moyenne pondérée des températures intérieures de chaque groupe pondérée par leur  $SHON_{RT}^{gr}$ ).

#### 2.3.3.3.1 Détermination des températures de consignes

Les quatre températures ( $\theta_{arrêt2}$ ,  $\theta_{arrêt1}$ ,  $\theta_{dem1}$ ,  $\theta_{dem2}$ ) permettant de décrire la régulation du puits hydraulique sont déduites des données d'intégration ( $\theta_{reg\_base}$ ,  $\Delta\theta_{arrêt}$ ,  $\Delta\theta_{variable}$ ) et du type de pompe (Pompe à débit variable ou Pompe à débit constant).

- **Pompe à débit variable ( $\Delta\theta_{variable} \neq 0$ )**



**Figure 12 - Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique en fonction de la température moyenne du bâtiment au pas de temps précédent dans le cas d'une pompe à débit variable.**

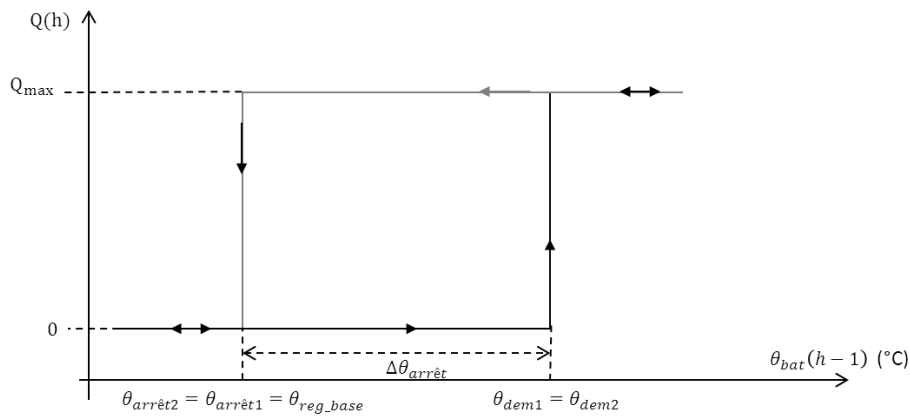
$$\theta_{arrêt2} = \theta_{reg\_base}$$

$$\theta_{arrêt1} = \theta_{reg\_base} + \Delta\theta_{variable}$$

$$\theta_{dem1} = \theta_{reg\_base} + \Delta\theta_{arrêt}$$

$$\theta_{dem2} = \theta_{reg\_base} + \Delta\theta_{arrêt} + \Delta\theta_{variable}$$

- **Pompe à débit constant ( $\Delta\theta_{variable} = 0$ )**



**Figure 13 - Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique en fonction de la température moyenne du bâtiment au pas de temps précédent dans le cas d'une pompe à débit constant.**

Dans ce cas,  $\Delta\theta_{variable} = 0$ . On a donc :

$$\theta_{arrêt2} = \theta_{arrêt1} = \theta_{reg\_base}$$

$$\theta_{dem1} = \theta_{dem2} = \theta_{reg\_base} + \Delta\theta_{arrêt}$$

### 2.3.3.3.2 Régulation - Détermination du débit d'eau glycolée dans le puits climatique

Sa traduction sous forme d'algorithme est la suivante :

<p>Si <math>Is_{conf\_adapt}(h)=0</math>, <math>Q^{PH}(h) = 0</math></p> <p>Sinon, Si <math>\theta_z(h-1) \leq \theta_{arrêt2}</math> <math>Q^{PH}(h) = 0</math> Sinon, Si <math>\theta_z(h-1) \geq \theta_{dem2}</math> <math>Q^{PH}(h) = Q_{max}^{PH}</math> Sinon, Si <math>\theta_z(h-2) \leq \theta_z(h-1)</math> (augmentation de la température) Si <math>\theta_z(h-1) \leq \theta_{dem1}</math> <math>Q^{PH}(h) = Q^{PH}(h-1)</math> Sinon, (cas <math>\theta_{dem1} &lt; \theta_z(h-1) &lt; \theta_{dem2}</math>) <math>Q^{PH}(h) = \max(Q_{max}^{PH} \times \frac{\theta_z(h-1) - \theta_{dem1}}{\theta_{dem2} - \theta_{dem1}} ; Q^{PH}(h-1))</math> Sinon, (diminution de la température) Si <math>\theta_z(h-1) \geq \theta_{arrêt1}</math> <math>Q^{PH}(h) = Q^{PH}(h-1)</math> Sinon, (cas <math>\theta_{arrêt2} &lt; \theta_z(h-1) &lt; \theta_{arrêt1}</math>) <math>Q^{PH}(h) = \min(Q_{max}^{PH} \times \frac{\theta_{bat}(h-1) - \theta_{arrêt2}}{\theta_{arrêt1} - \theta_{arrêt2}} ; Q^{PH}(h-1))</math></p>	<p>(hors période de confort adaptatif)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

### 2.3.3.4 Température d'eau glycolée en sortie du puits hydraulique

La température de l'eau glycolée en sortie du puits climatique est calculée comme suit :

$$\theta_{eau-out}^{PH}(h) = \theta_{in}^{PH}(h) + \varepsilon \cdot (\theta_g(h) - \theta_{in}^{PH}(h)) \quad (253)$$

Avec :

$$\varepsilon = 1 - \exp \left[ \frac{-U_g \cdot L_{puits}}{3600^{-1} \cdot Q^{PH}(h) \cdot \rho_{eau_{gl}} \cdot Cp_{eau_{gl}}} \right] \quad (254)$$

$$U_g(h) = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{tube}} \ln \left( \frac{d_i + 2 \cdot e_p}{d_i} \right) + \frac{1}{\pi \cdot d_i \cdot h_i(h)}} \quad (255)$$

La circulation de l'eau glycolée dans le puits hydraulique est forcée et généralement turbulente ( $Re > 2300$ ). On considère donc le régime turbulent établi dans le tube. On évalue alors  $h_i$  avec la formule de Colburn pour un fluide en refroidissement (l'eau glycolée se refroidit en passant dans le sol après s'être échauffée au contact de l'échangeur air/eau):

$$h_i(h) = 0.023 \times \frac{\lambda_{eau\_gl}}{d_i} \times \left[ \frac{\rho_{eau\_gl} \cdot 4 \cdot 3600^{-1} Q^{PH}(h)}{\pi \cdot d_i} \right]^{0.8} \cdot \left[ \frac{\mu_{eau\_gl} \cdot C_{p_{eau\_gl}}}{\lambda_{eau\_gl}} \right]^{0.30} \quad (256)$$

Les caractéristiques de l'eau glycolée sont prises pour un mélange à 25%.

**Initialisation :**

A chaque démarrage du puits hydraulique, il est nécessaire d'initialiser la température  $\theta_{in}^{PH}(h)$  pour le bon déroulement des calculs. L'algorithme suivant définit la valeur de  $\theta_{in}^{PH}(h)$  à chaque pas de temps et intègre le cas particulier du démarrage :

<p><math>\forall h,</math></p> <p>Si <math>Q^{PH}(h-1) = 0,</math></p> $\theta_{in}^{PH}(h) = \theta_g(h-1)$ <p>Sinon,</p> $\theta_{in}^{PH}(h) = \theta_{out\_gl}^{echangeur}(h-1)$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**2.3.3.5 Calcul de la température d'air neuf**

A l'issue du calcul de la température d'eau de sortie d'eau du puits hydraulique, on calcule pour chaque système de ventilation mécanique connecté (simple flux ou double flux) la température d'air neuf corrigée  $T_{air\_out,PH}(h)$ .

**Dans le cas où l'air neuf du système de ventilation transite par un puits hydraulique ( $I_{hydraulique} = \text{Vrai}$ ) :**

Si  $I_{sconf\_adapt} = \text{Vrai}$  et  $Q^{PH}(h) > 0$ , alors le puits hydraulique est en fonctionnement et l'air entrant passe par un échangeur air/eau glycolée avant d'être réparti entre les différentes CTA. L'échange est modélisé de la façon suivante en fonction du niveau de détail de la prise en compte de l'échangeur du puits hydraulique :

**SI niveau\_détail\_échangeur\_PH=0, prise en compte détaillée de l'échangeur :**

$$C_{air\_neuf\_total}(h) = C_{pa} \times \sum_s q_{m,air\_neuf}^s \quad (257)$$

$$C_{eau\_PH}(h) = C_{p_{eau\_gl}} \times \rho_{eau\_gl} \times 3600^{-1} \times Q^{PH}(h) \quad (258)$$

$$C_{PH} = \frac{\min(C_{air\_neuf\_total}(h); C_{eau\_PH}(h))}{\max(C_{air\_neuf\_total}(h); C_{eau\_PH}(h))} \quad (259)$$

$$NUT_{PH} = \frac{UA_{echPH}}{\min(C_{air\_neuf\_total}(h); C_{eau\_PH}(h))} \quad (260)$$

Si  $C_{eau\_PH} < C_{air\_neuf\_total}$

$$\varepsilon_{echPH} = \frac{1}{C_{PH}} \left\{ 1 - \exp \left[ - C_{PH} \times \left( 1 - e^{-NUT} \right) \right] \right\} \quad (261)$$

$$\begin{aligned} & \text{Si } C_{\text{eau\_PH}} > C_{\text{air\_neuf\_total}} \\ \varepsilon_{\text{echPH}} &= 1 - \exp\left\{-\frac{1}{C_{\text{PH}}}\left[1 - e^{-NUT.C_{\text{PH}}}\right]\right\} \end{aligned} \quad (262)$$

Note : Le coefficient global de l'échangeur,  $UA_{\text{echPH}}$ , peut être déterminé à partir d'une performance, mesurée pour des débits connus.

La température de l'air en sortie d'échangeur du puits hydraulique,  $T_{\text{air\_out\_PH}}$ , est alors la suivante :

$$T_{\text{air\_out\_PH}}(h) = T_{\text{AN}}(h) + \varepsilon_{\text{echPH}} * (\theta_{\text{eau\_out}}^{\text{PH}}(h) - T_{\text{AN}}(h)) \times \frac{\min(C_{\text{air\_neuf\_total}}(h); C_{\text{eau\_PH}}(h))}{C_{\text{air\_neuf\_total}}(h)} \quad (263)$$

Le calcul de la température de l'eau glycolée en sortie d'échangeur  $\theta_{\text{out\_gl}}^{\text{échangeur}}$  est également nécessaire afin de pouvoir amorcer le calcul du puits hydraulique au pas de temps suivant.

$$\theta_{\text{out\_gl}}^{\text{échangeur}}(h) = \theta_{\text{eau\_out}}^{\text{PH}}(h) + \varepsilon_{\text{echPH}} * (T_{\text{AN}}(h) - \theta_{\text{eau\_out}}^{\text{PH}}(h)) \times \frac{\min(C_{\text{air\_neuf\_total}}(h); C_{\text{eau\_PH}}(h))}{C_{\text{eau\_PH}}(h)} \quad (264)$$

**SI niveau détail échangeur PH=1, prise en compte simplifiée de l'échangeur :**

Utilisation du paramètre efficacité de l'échangeur du puits hydraulique :  $\varepsilon_{\text{PH}}$

Note : Au même titre que pour les autres types d'échangeurs, l'efficacité  $\varepsilon_{\text{PH}}$  prend une des valeurs suivantes :

- La valeur issue d'une certification,
- $\varepsilon_{\text{PH}} = 0.9 \times \varepsilon_{\text{PHmes}}$ ,  $\varepsilon_{\text{PHmes}}$  étant une valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant,
- $\varepsilon_{\text{PH}} = \min(0.8 \times \varepsilon_{\text{PHdecl}}, \varepsilon_{\text{PHutile\_max}})$ ,  $\varepsilon_{\text{PHdecl}}$  étant la valeur déclarée par le fabricant.

La température d'air en sortie du puits hydraulique est alors définie par :

$$T_{\text{air\_out\_PH}}(h) = T_{\text{AN}}(h) + \varepsilon_{\text{PH}} * (\theta_{\text{eau\_out}}^{\text{PH}}(h) - T_{\text{AN}}(h)) \quad (265)$$

Et la température de l'eau glycolée en sortie :

$$\theta_{\text{out\_gl}}^{\text{échangeur}}(h) = \theta_{\text{eau\_out}}^{\text{PH}}(h) + \varepsilon_{\text{PH}} * (T_{\text{AN}}(h) - \theta_{\text{eau\_out}}^{\text{PH}}(h))$$

### 2.3.3.5.1 Calcul de la consommation du puits hydraulique

Le calcul à chaque pas de temps  $h$  du débit d'eau glycolée nous donne accès à la puissance électrique consommée par la pompe car celle-ci est proportionnelle au débit. Il en résulte l'algorithme suivant permettant de calculer les consommations mensuelles et annuelles du puits climatique (consommations au niveau de la zone puis du bâtiment).

A chaque pas de temps  $h$ ,

$$P_{Pompe}^{PH}(h) = \frac{P_{max}^{PH}}{Q_{max}^{PH}} \times Q^{PH}(h) \quad (266)$$

On en déduit donc,

#### Consommation au niveau de la zone

$$\text{Consommation mensuelle (énergie finale)} : C_{ef\_PH\_m}^z = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} P_{Pompe}^{PH}(h) \cdot 1h}{SHON_{RT}^z} \quad (267)$$

$$\text{Consommation mensuelle (énergie primaire)} : C_{ep\_PH\_m}^z = C_{ef\_PH\_m}^z \cdot Coef_{ep(i)} \quad (268)$$

$$\text{Consommation annuelle (énergie finale)} : C_{ef\_PH\_a}^z = \sum_{m \in [1;12]} C_{ef\_PH\_m}^z \quad (269)$$

$$\text{Consommation annuelle (énergie primaire)} : C_{ep\_PH\_a}^z = C_{ef\_PH\_a}^z \cdot Coef_{ep(i)} \quad (270)$$

#### Consommation au niveau du bâtiment

$$\text{Consommation mensuelle (énergie finale)} : C_{ef\_PH\_m}^{bat} = \frac{\sum_{z \in \text{bat}} SHON_{RT}^z \cdot C_{ef\_PH\_m}^z}{SHON_{RT}} \quad (271)$$

$$\text{Consommation mensuelle (énergie primaire)} : C_{ep\_PH\_m}^{bat} = C_{ef\_PH\_m}^{bat} \cdot Coef_{ep(i)} \quad (272)$$

$$\text{Consommation annuelle (énergie finale)} : C_{ef\_PH\_a}^{bat} = \sum_{m \in [1;12]} C_{ef\_PH\_m}^{bat} \quad (273)$$

$$\text{Consommation mensuelle (énergie primaire)} : C_{ep\_PH\_a}^{bat} = C_{ef\_PH\_a}^{bat} \cdot Coef_{ep(i)} \quad (274)$$

**Note :** Le mode Th-D étant calculé après le mode Th-C, la consommation du puits hydraulique n'est pas prise en compte dans le calcul des consommations. A terme, il faudra ajouter les consommations issues de Th-D dans le mode Th-DC. Pour l'instant, il a été décidé de ne pas reporter les consommations des équipements du mode Th-D dans la consommation globale du bâtiment. Elles sont donc calculées mais n'ont aucune influence.

## 2.4 FICHE ALGORITHME: PRISE EN COMPTE DES SYSTEMES D'HUMIDIFICATION DIRECTE ET INDIRECTE (RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE) EN CALCUL DE L'INDICATEUR DE CONFORT D'ETE DIES

### 2.4.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme vise à décrire la prise en compte des systèmes de rafraichissement adiabatique de l'air soufflé présents dans les centrales de ventilation mécanique double flux ou de traitement d'air à débit constant (CTA DAC).

Cette prise en compte n'a lieu qu'en calcul de l'indicateur de confort d'été DIES et hypothèses Th-DC, et donc uniquement pour des bâtiments de catégorie CE1 non climatisé.

Deux types de rafraichissement adiabatique peuvent être décrits : à humidification directe ou indirecte. Dans les deux cas, l'humidificateur est décrit au travers d'un rendement  $\eta_{\text{hum}}$  et d'une loi de pilotage en fonction de la température d'air intérieure.

L'algorithme vient s'insérer à l'intérieur de la modélisation de la centrale de ventilation telle que prévue dans le chapitre 8.4 C\_VEN\_Mécanique\_Double\_Flux de la méthode Th-BCE.

### 2.4.2 NOMENCLATURE

#### Entrées du composant

Nom	Description	Unité
$I_{\text{conf\_adapt}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif <i>0 - hors période de confort adaptatif</i> <i>1 - en période de confort adaptatif</i>	Bool
$\Theta_{i,\text{fin}}(h-1)$	Température de l'air extrait entrant dans l'humidificateur indirect au pas de temps h	
$T_{\text{extr},2}(h)$	Température de l'air extrait entrant dans l'humidificateur indirect au pas de temps h	°C
$\omega_{i,\text{prev}}(h)$	Poids d'eau dans l'air extrait entrant dans l'humidificateur indirect de reprise au pas de temps h	kg/kg as
$T_{\text{souf,prechaud}}(h)$	Température de l'air soufflé entrant dans l'humidificateur direct au pas de temps h	°C
$\omega_{\text{mel}}(h)$	Humidité de l'air soufflé entrant dans l'humidificateur direct au pas de temps h	kg/kg as

#### Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
-----	-------------	-------	-----	-----	-------

Type_hr_été	Type de rafraîchissement adiabatique : 0 : Pas d'humidificateur été 1 : humidificateur direct pour confort d'été (Th-D) 2 : humidificateur indirect pour confort d'été (Th-D)	Ent	0	2
$\theta_{i\_base}$ , $\Delta\theta_{i1}$ $\Delta\theta_{i2}$	Paramètres de régulation du profil à hystérésis pour l'humidificateur direct ou indirect	°C		

### Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\eta_{hum\_indir}$	Rendement de l'humidificateur indirect	Réel	0	1	-
$\eta_{hum\_dir}$	Rendement de l'humidificateur direct	Réel	0	1	-

### Sorties

Nom	Description	Unité
$T_{extr,hum,indir\_ete}(h)$	Température de l'air après l'humidificateur direct ou la batterie de prérefroidissement selon les cas	°C
$\omega_{extr,hum,indir\_ete}(h)$	Humidité de l'air après l'humidificateur direct ou la batterie de prérefroidissement selon les cas	kg/kg as
$T_{souf,hum,indir\_ete}(h)$	Température de l'air après l'humidificateur direct	°C
$\omega_{souf,hum,indir\_ete}(h)$	Humidité de l'air après l'humidificateur direct	kg/kg as

### Variables internes

Nom	Description	Unité
$\theta_{hum\_1}$ $\theta_{hum\_2}$ $\theta_{hum\_3}$ $\theta_{hum\_4}$	Températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe ou indirecte	
$\xi_{hum\_indir}(h)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect au pas de temps h	

$\xi_{\text{hum\_indir}}(h-1)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect au pas de temps h-1	
$\xi_{\text{hum\_dir}}(h)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct au pas de temps h	
$\xi_{\text{hum\_dir}}(h-1)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct au pas de temps h-1	
FA A B C FXH FA1 FADIAB	Paramètres utilisés dans la fonction FADIAB(T,w) décrivant le possible accroissement d'humidité	
$\omega_{\text{souf,hum\_indir\_été\_lim}}$	Humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humification indirecte	kg/kg as
$\omega_{\text{souf,hum\_dir\_été\_lim}}$	Humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humification directe	kg/kg as

### 2.4.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Le rafraîchissement adiabatique est pris en compte uniquement en mode Th-DC, et si tous les groupes auxquels le système de ventilation est relié sont des groupes CE1 non climatisés.

#### 2.4.3.1 Rafraîchissement par humidification directe de l'air soufflé

La présence d'un dispositif d'humidification directe permet d'abaisser directement la température de l'air soufflé, tout en augmentant son humidité spécifique.

Le présent paragraphe décrit la méthode de calcul des température et humidité de l'air soufflé après impact de l'humidification indirecte. L'humidificateur direct est supposé positionné en sortie de centrale de traitement d'air, après la boîte de mélange et les batteries de préchauffage/prérefroidissement de l'air soufflé, selon les conventions retenues dans le chapitre 8.4 C\_VEN\_Mécanique\_Double\_Flux de la méthode Th-BCE.

Ces dernières ne peuvent pas être utilisées simultanément à l'humidificateur, qui n'est activé qu'au cours de la période de confort adaptatif.

Le calcul n'est réalisé que si  $\text{Type\_HR\_été} = 1$  et si  $I_{\text{Sconf\_adapt}}(h) = 1$  (en période de confort adaptatif).

#### **Calcul du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct ( $\xi_{\text{hum\_dir}}$ ) à chaque pas de temps h**

La présence d'un dispositif d'humidification indirecte sur l'air extrait permet d'abaisser sa température. La prise en compte de ce dispositif est uniquement valable en mode Th-DC et si tous les groupes auxquels le système de ventilation est relié sont des groupes CE1 non climatisés. Le calcul est le suivant :

Selon la température, le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct évolue entre 0 et 100%. Le profil choisi pour cette évolution du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct en fonction de  $\theta_{i,fin}^s(h-1)$  est un profil à hystérésis basé sur 3 paramètres  $\theta_{i\_base}$ ,  $\Delta\theta_{11}$  et  $\Delta\theta_{12}$ .

Les températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe sont définies ainsi :

$$\begin{aligned}\theta_{hum\_1} &= \theta_{i\_base} + \Delta\theta_{11} \\ \theta_{hum\_2} &= \theta_{i\_base} + \Delta\theta_{11} + \Delta\theta_{12}, \\ \theta_{hum\_3} &= \theta_{i\_base} + \Delta\theta_{12} \\ \theta_{hum\_4} &= \theta_{i\_base}\end{aligned}\tag{275}$$

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct est le suivant :

Si  $\theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum\_4}$

$$\xi_{hum\_dir} = 0$$

Sinon, si  $\theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum\_2}$

$$\xi_{hum\_dir} = 1$$

Sinon,

Si  $\theta_{i,fin}^s(h-2) \leq \theta_{i,fin}^s(h-1)$  (augmentation de température d'air)

Si  $\theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum\_1}$ ,

$$\xi_{hum\_dir} = \xi_{hum\_dir}(h-1)$$

Sinon, (cas :  $\theta_{hum\_1} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum\_2}$ )

(276)

$$\xi_{hum\_dir} = \max\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum\_1}}{\theta_{hum\_2} - \theta_{hum\_1}}; \xi_{hum\_dir}(h-1)\right)$$

Sinon, (diminution de température opérative)

Si  $\theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum\_3}$ ,

$$\xi_{hum\_dir} = \xi_{hum\_dir}(h-1)$$

Sinon, (cas :  $\theta_{hum\_4} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum\_3}$ )

$$\xi_{hum\_dir} = \min\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum\_4}}{\theta_{hum\_3} - \theta_{hum\_4}}; \xi_{hum\_dir}(h-1)\right)$$

Connaissant le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct, on le multiplie au rendement nominal de l'humidificateur pour obtenir son rendement effectif.

### Calcul de la température et de l'humidité de l'air soufflé après humidification directe

On définit la fonction FADIAB(T,w) décrivant le possible accroissement d'humidité :

$$\begin{aligned}
 & \text{FADIAB}(T,w) \\
 & \text{FA}=0 \\
 & \text{A}=18.8161 \\
 & \text{B}=4110.34 \\
 & \text{C}=235 \\
 & \text{FXH}=\max(0,0.2545 \times T-0.3636 \times w) \\
 & \text{FA}=(T+C-2.5 \times \text{FXH}) \times (\text{A}-\log(w+\text{FXH}))-B \\
 & \text{Tant que FA} > 0 \text{ alors} \\
 & \quad \text{FXH} = \text{FXH} + 0.1 \\
 & \quad \text{FA1}=\text{FA} \\
 & \quad \text{FA}=(T+C-2.5 \times \text{FXH}) \times (\text{A}-\log(w+\text{FXH}))-B \\
 & \text{Fin} \\
 & \text{FADIAB}=\text{FXH}-0.1 \times \text{FA}/(\text{FA}-\text{FA1})
 \end{aligned} \tag{277}$$

L'humidité théorique de l'air après humidification est alors définie par :

$$\omega_{\text{souf,hum,dir_ete}}(h) = \omega_{\text{mel}}(h) + \eta_{\text{-humdir}} \cdot \xi_{\text{-humdir}} \cdot \text{FADIAB}(T_{\text{-souf,prechaud}}(h); \omega_{\text{mel}}(h)) \tag{278}$$

On définit une humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humidification directe :

$$\omega_{\text{souf,hum,dir_ete\_LIM}}(h) = \omega_{\text{sat}}(h) \cdot \eta_{\text{-humdir}} \tag{279}$$

Avec :

$$\omega_{\text{sat}}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(18.8161 - \frac{4110,34}{T_{\text{extr},2}(h)+235,0}\right) \tag{280}$$

Dès lors :

$$\text{Si } \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été\_lim}} < \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}}, \text{ alors } \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}} = \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été\_lim}} \tag{281}$$

$$\text{Si } \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été\_lim}} < \omega_{\text{mel}}, \text{ alors } \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}} = \omega_{\text{mel}}$$

$$\Delta\omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}} = \omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}} - \omega_{\text{mel}} \tag{282}$$

$$\Delta T_{\text{souf,hum\_dir\_été}} = -2.5 \Delta\omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}}$$

$$T_{\text{souf,hum\_dir\_été}} = \Delta T_{\text{souf,hum\_dir\_été}} + T_{\text{souf,prechaud}} \tag{283}$$

$$\omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}} = \Delta\omega_{\text{souf,hum\_dir\_été}} + \omega_{\text{mel}}$$

### 2.4.3.2 **Rafraichissement par humidification indirecte de l'air repris**

Le présent paragraphe décrit la méthode de calcul des température et humidité de l'air extrait après impact de l'humidification indirecte. L'humidificateur indirect est supposé positionné après le ventilateur et avant le récupérateur de chaleur (échangeur à plaque ou à roue), selon les conventions retenues dans le chapitre 8.4 C\_VEN\_Mécanique\_Double\_Flux de la méthode Th-BCE.

La présence d'un dispositif d'humidification indirecte vise à abaisser la température de l'air repris en augmentant son humidité spécifique. Cet air repris passe ensuite dans l'échangeur, qui rafraichit ainsi indirectement l'air soufflé.

Le calcul n'est réalisé que si Type\_HR\_été = 2 et si  $Is_{conf\_adapt}(h) = 1$  (en période de confort adaptatif).

#### **Calcul du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect ( $\xi_{hum\_indir}$ ) à chaque pas de temps h**

Ce calcul permet de gérer la régulation de l'utilisation de l'humidificateur indirect en période de rafraichissement. La régulation de l'humidification indirecte est faite en fonction de la température d'air intérieur au pas de temps précédent.

Selon la température, le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct évolue entre 0 et 100%. Le profil choisit pour cette évolution du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect en fonction de  $\theta_{i,fin}^s(h-1)$  est un profil à hystérésis basé sur 3 paramètres  $\theta_{i\_base}$ ,  $\Delta\theta_{i1}$  et  $\Delta\theta_{i2}$ .

Les températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe sont définies selon les relations (275).

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct est le suivant :

$$\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum\_4},$$

$$\xi_{hum\_indir} = 0$$

$$\text{Sinon, si } \theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum\_2},$$

$$\xi_{hum\_indir} = 1$$

Sinon,

$$\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-2) \leq \theta_{i,fin}^s(h-1) \text{ (augmentation de température d'air)}$$

$$\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum\_1},$$

$$\xi_{hum\_indir} = \xi_{hum\_indir}(h-1)$$

$$\text{Sinon, (cas : } \theta_{hum\_1} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum\_2}\text{)}$$

$$\xi_{hum\_indir} = \max\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum\_1}}{\theta_{hum\_2} - \theta_{hum\_1}}; \xi_{hum\_indir}(h-1)\right)$$

(284)

Sinon, (diminution de température opérative)

Si  $\theta_{i,fin}^s (h-1) \geq \theta_{hum\_3}$ ,

$$\xi_{hum\_indir} = \xi_{hum\_indir} (h-1)$$

Sinon, (cas :  $\theta_{hum\_4} < \theta_{i,fin}^s (h-1) < \theta_{hum\_3}$ )

$$\xi_{hum\_indir} = \min\left(\frac{\theta_{i,fin}^s (h-1) - \theta_{hum\_4}}{\theta_{hum\_3} - \theta_{hum\_4}}; \xi_{hum\_indir}(h-1)\right)$$

Connaissant le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect, on le multiplie au rendement nominal de l'humidificateur pour obtenir son rendement effectif.

### **Calcul des température et humidité en sortie de l'humidificateur indirect**

L'humidité théorique de l'air après humidification est alors définie par :

$$\omega_{extr,hum,indir\_ete}(h) = \omega_{i,prev}(h) + \eta_{-humindir} \cdot \xi_{-humindir} \cdot FADIAB(T_{-extr,2}(h); \omega_{i,prev}(h)) \quad (285)$$

Où FADIAB est la fonction décrite dans le bloc d'équations numéroté (277).

On définit une humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humidification indirecte :

$$\omega_{extr,hum,indir\_ete\_LIM}(h) = \omega_{sat}(h) \cdot \xi_{-humindir} \quad (286)$$

Avec :

$$\omega_{sat}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(18,8161 - \frac{4110,34}{T_{extr,2}(h)+235,0}\right) \quad (287)$$

Dès lors :

$$\text{Si } \omega_{extr,hum,indir\_ete}(h) > \omega_{extr,hum,indir\_ete\_LIM}, \text{ alors : } \omega_{extr,hum,indir\_ete}(h) = \omega_{extr,hum,indir\_ete\_LIM} \quad (288)$$

$$\text{Si } \omega_{extr,hum,indir\_ete}(h) < \omega_{i,prev}, \text{ alors : } \omega_{extr,hum,indir\_ete}(h) = \omega_{i,prev} \quad (289)$$

$$\Delta\omega_{souf,hum\_indir\_été} = \omega_{souf,hum\_indir\_été} - \omega_{i,prev} \quad (290)$$

$$\Delta T_{souf,hum\_indir\_été} = -2,5 \Delta\omega_{souf,hum\_indir\_été}$$

$$T_{souf,hum\_indir\_été} = \Delta T_{souf,hum\_indir\_été} + T_{extr2}^s \quad (291)$$

$$\omega_{souf,hum\_indir\_été} = \Delta\omega_{souf,hum\_indir\_été} + \omega_{i,prev}$$