

Aménagement, nature

MINISTÈRE DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES  
ET DU LOGEMENT

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

**Arrêté du 17 décembre 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte des systèmes de ventilation double-flux thermodynamique dans la réglementation thermique 2012**

NOR : ETL1329641A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

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

Vu la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil en date du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (refonte) ;

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles L. 111-9 et R. 111-20 ;

Vu l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ;

Vu l'arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments,

Arrêtent :

Article 1<sup>er</sup>

Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé, le mode de prise en compte des systèmes de ventilation double-flux thermodynamique dans la méthode de calcul Th-BCE, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

Article 2

Le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages et le directeur général de l'énergie et du climat sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Bulletin officiel* du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 17 décembre 2013.

*La ministre de l'égalité des territoires  
et du logement,*

Pour la ministre et par délégation :

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

K. NARCY

*Le ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,*

Pour le ministre et par délégation :

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

K. NARCY

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

L. MICHEL

## ANNEXE

### MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES SYSTÈMES DE VENTILATION DOUBLE FLUX THERMODYNAMIQUE DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

#### 1. Définition des systèmes de ventilation double-flux thermodynamique

Au sens du présent arrêté, le système de ventilation double-flux thermodynamique (DFTh) est un système assurant à la fois la ventilation, le chauffage et éventuellement le refroidissement via un récupérateur actif de type pompe à chaleur air extrait/air neuf.

Dans la suite du document, les systèmes double-flux thermodynamiques sont désignés par l'abréviation DFTh.

##### 1.1 Principe général

Les systèmes DFTh sont constitués des éléments suivants :

- Des ventilateurs de soufflage et de reprise,
- Des gaines aérauliques, bouches de soufflage et reprise associées,
- Un récupérateur actif de type générateur thermodynamique à compression électrique air extrait/air neuf pour le chauffage des locaux, réversible ou non,
- Eventuellement un récupérateur passif (échangeur statique), muni ou non d'une fonction de by-pass,
- Eventuellement d'organes permettant le recyclage ou la variation de débits afin d'augmenter la puissance de chauffage par le vecteur air,
- Eventuellement une fonction de rafraîchissement nocturne par surventilation d'air frais extérieur.

Le présent titre V vise la modélisation des configurations de DFTh alternant entre un mode ventilation seule, un mode chauffage et éventuellement un mode refroidissement. Le basculement entre ces deux modes est basé à minima sur la température d'une pièce de vie du logement, dans le respect de l'exigence de ne pas couvrir plus de 100 m<sup>2</sup> de surface habitable (Art.24 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments).

Le présent titre V ne traite que les dispositifs dont la vitesse de ventilateurs en mode chauffage et mode refroidissement est fixée à une valeur unique de consigne. Cette vitesse peut être la même qu'en mode ventilation seule ou lui être supérieure.

Dans ce cadre, on distingue cinq configurations A à E suivantes :

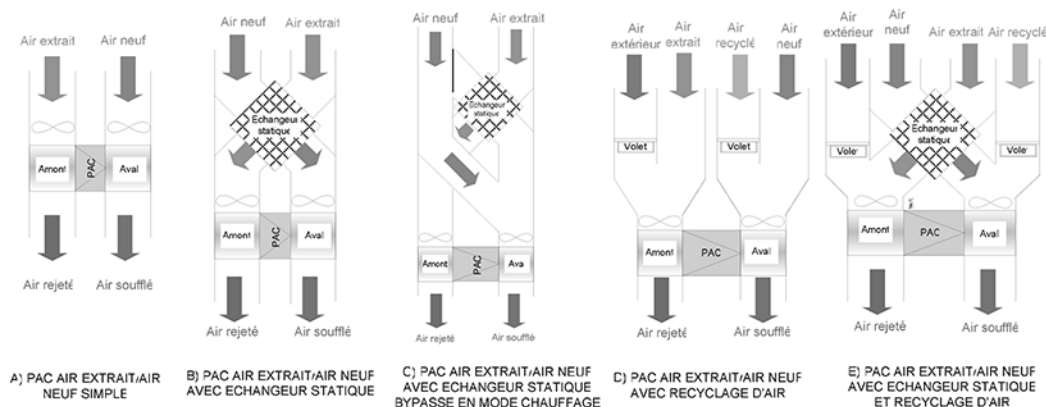


Figure 1: configurations de DFTh prises en compte

## 1.2 Normes et référentiels

La norme de référence pour la caractérisation des DFTh sont les suivantes :

Paramètre	Norme de référence
Puissances des ventilateurs	<b>NF EN 13141-7</b> : Ventilation des bâtiments - Essais de performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 7 : essais de performance des centrales doubles flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécaniques prévus pour des logements individuels
Efficacité de l'échangeur statique	
Performances de la pompe à chaleur air extrait/air neuf (« double-flux thermodynamique »)	

Tableau 1: normes de référence pour la prise en compte des DFTh

La norme **NF EN 13141-7** permet la caractérisation des performances de l'ensemble ventilateurs - récupérateur passif (échangeur statique, si présent) - récupérateur actif de type pompe à chaleur air extrait/air neuf (COP, puissances absorbées). Cette norme précise que les performances thermiques en présence d'une pompe à chaleur doivent être consignées conformément à la norme « EN 14511-4 - Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération des locaux - Partie 4 : exigences ».

### 2. Champ d'application

Le présent titre V est applicable aux bâtiments ou parties de bâtiments à usages d'habitation maison individuelle ou accolée et logements collectifs, quelle que soit leur zone climatique ou altitude.

Il ne concerne que les systèmes répondant à la description du chapitre précédent. A ce titre, il ne concerne que les DFTh employés en système de base de chauffage et éventuellement en système de base de refroidissement.

En logements collectifs, il ne concerne que les DFTh déployés individuellement par logement.

### 3. Procédure d'application du titre V

Pour décrire complètement le système DFTh, il est nécessaire de renseigner les composants suivants :

#### **Bouches-conduits de ventilation**

Le système DFTh inclut par définition au moins un composant bouches-conduits de soufflage et un composant bouches-conduits de reprise. Dans ces composants, on définit les débits volumiques de ventilation seule base et pointe, ainsi que les propriétés des conduits aérauliques (coefficients de fuites, part en volume chauffé/refroidi).

#### **Emetteur(s) de chauffage et de refroidissement/distribution**

Dans chaque composant bouches-conduits de soufflage, il est nécessaire de créer un émetteur équivalent de chauffage et de refroidissement (le cas échéant), permettant la modélisation du condenseur (évaporateur en refroidissement) de la pompe à chaleur du système DFTh. Cet émetteur est paramétré de la manière suivante :

Typologie de l'émetteur : 1) Soufflage d'air chaud,(d'air froid),

Variation temporelle: dans le cas d'une variation temporelle certifiée ou justifiée du couple thermostat/émission, il convient d'augmenter la valeur utilisée dans le calcul

règlementaire de 0,5 °C en mode chauffage et de la réduire de 0,5°C en mode refroidissement.

En l'absence de valeurs certifiée ou justifiée, on retiendra la valeur par défaut d'un couple émetteur/régulateur « permettant l'arrêt total de l'émission » de la méthode Th-BCE.

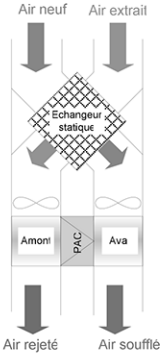
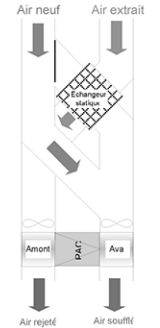
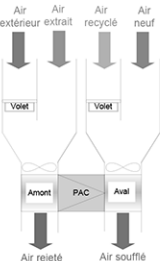
Variation spatiale : classe B2 en chauffage, classe B en refroidissement

On ne définit pas de ventilateurs locaux.

Les distributions du groupe et intergroupes utilisées sont à définir comme réseau de distribution fictif sans pertes. Elles doivent être reliées à la génération contenant le(s) générateur(s) thermodynamique(s) de chauffage et de refroidissement du système DFTh.

### Paramétrages de l'extension dynamique et des générateurs thermodynamiques :

	<p><b>Configuration A :</b> Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il n'y a pas de récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf</p> <p><b>T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 1</math> Pas de recyclage d'air intérieur,</li> <li>- <math>E_{CH\_saisi} (E_{FR\_saisi}) = 0</math>,</li> <li>- <math>Q_{rep\_modeCH}</math> et <math>Q_{sou\_modeCH}</math> (<math>Q_{rep\_modeFR}</math> et <math>Q_{sou\_modeFR}</math>) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement),</li> <li>- <math>P_{vent\_rep\_CH}</math> et <math>P_{vent\_sou\_CH}</math> (<math>P_{vent\_rep\_FR}</math> et <math>P_{vent\_sou\_FR}</math>) sont les puissances de ventilateurs en mode chauffage (en mode refroidissement), hors puissances ayant servi à vaincre les pertes de charge au condenseur et à l'évaporateur. Ces dernières sont en effet déjà incluses dans les résultats d'essai de puissance absorbée et de COP (d'EER) issus de la norme <b>NF EN 13141-7</b>. <math>P_{vent\_rep\_CH}</math> et <math>P_{vent\_sou\_CH}</math> (<math>P_{vent\_rep\_CH}</math> et <math>P_{vent\_sou\_CH}</math>) doivent être calculées forfaitairement par la même relation qui a permis de les exclure des résultats d'essais de performance.</li> </ul> <p>Pour un ventilateur (repris ou soufflé):</p> $P_{vent\_CH} = \frac{q \times \Delta P_e}{\eta}$ <p>Où :</p> <p><math>q</math> est le débit volumique nominal du mode chauffage ou refroidissement (repris ou soufflé) en <math>m^3/s</math>,  <math>\Delta P_e</math> est la différence de pression statique externe disponible mesurée, exprimée en pascal  Ces deux grandeurs sont fournies dans les résultats d'essais.  <math>\eta</math> est le rendement de ventilateur fixé à 0,3 par convention dans la norme EN 14511-3.</p> <p><b>Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul) :</b>  <math>Sys\_Thermo\_Ch = 3</math> PAC air extrait/air neuf</p> <p>Dans le cas d'un système DFTh réversible, on crée un générateur thermodynamique réversible :</p> <p><b>Generateur_Thermodynamique_Elec_Autre (cas chauffage et refroidissement) :</b>  <math>Sys\_Thermo = 3</math> Machine réversible air extrait/air neuf</p> <p>Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issus d'essais la norme <b>NF EN 13141-7</b> peuvent être utilisées en l'état.</p>
--	---

	<p><b>Configuration B :</b> Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il y a un récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf.</p> <p><b>T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 1</math> Pas de recyclage d'air intérieur,</li> <li>- <math>\epsilon_{CH\_saisi} (\epsilon_{FR\_saisi})</math> est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumiques de chauffage (de refroidissement),</li> <li>- <math>q_{rep\_mode,CH}</math> et <math>q_{sou\_mode,CH}</math> (<math>q_{rep\_modeFR}</math> et <math>q_{sou\_modeFR}</math>) sont les débits volumiques en mode chauffage (en mode refroidissement),</li> <li>- <math>P_{vent\_rep\_CH}</math> et <math>P_{vent\_sou\_CH}</math> (<math>P_{vent\_rep\_FR}</math> et <math>P_{vent\_sou\_FR}</math>): voir configuration A</li> </ul> <p><b>Chauffage : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible :</b> <math>Sys\_Thermo\_Ch = 2</math>) PAC air extérieur/air recyclé</p> <p>Dans le cas d'un système DFTH réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement :</p> <p><b>Refroidissement:</b> <b>Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible :</b> <math>Sys\_Thermo\_FR = 3</math>) Refroidisseur air extrait/air recyclé</p> <p>Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme <b>NF EN 13141-7</b>, incluant l'impact de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil mis à disposition avec le présent titre V.</p> <p>Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.</p>
	<p><b>Configuration C :</b> Le débit en mode chauffage est constant, supérieur ou égal au débit de base en ventilation seule. Il y a un récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf, mais celui-ci est bypassé en mode chauffage/ mode refroidissement.</p> <p>Le mode chauffage/refroidissement est traité comme la configuration A ci-dessus.</p>
	<p><b>Configuration D :</b> le débit en mode chauffage est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule et inclus une part de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont. Il n'y a pas de récupérateur statique en série avec la PAC air extrait/air neuf.</p> <p><b>T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2</math> Avec recyclage d'air intérieur,</li> <li>- <math>\epsilon_{CH\_saisi} (\epsilon_{FR\_saisi}) = 0</math>,</li> <li>- <math>q_{ecycle\_CH} (q_{recycle\_FR})</math> est le débit volumique complémentaire recycle côté aval,</li> <li>- <math>q_{ecycle\_CH,ext} (q_{recycle\_FR,ext})</math> est le débit volumique complémentaire recycle côté amont,</li> <li>- <math>P_{vent\_rep\_CH}</math> et <math>P_{vent\_sou\_CH}</math> (<math>P_{vent\_rep\_FR}</math> et <math>P_{vent\_sou\_FR}</math>) : voir configuration A</li> </ul> <p><b>Chauffage : Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible</b> <math>Sys\_Thermo\_Ch = 2</math>) PAC air extérieur/air recyclé</p> <p>Dans le cas d'un système DFTH réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement :</p>

	<p><b>Refroidissement:</b> <b>Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible :</b> <i>Sys_Thermo_FR = 3) Refroidisseur air extrait/air recyclé</i> Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme <b>NF EN 13141-7</b>, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval et amont, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec le présent titre V. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.</p>
	<p><b>Configuration E :</b> Le débit en mode chauffage (en mode refroidissement) est constant, supérieur au débit de base en ventilation seule et inclus une part de recyclage d'air intérieur côté aval et de recyclage d'air extérieur côté amont. Un récupérateur statique est présent avant qu'aient lieu les mélanges avec l'air recyclé de part et d'autre.</p> <p>T5_CSTB_VMCDF_2Fonctions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Id_{ModeCH} (Id_{ModeFR}) = 2</math> Avec recyclage d'air intérieur,</li> <li>- <math>\epsilon_{CH\_saisi} (\epsilon_{FR\_saisi})</math> est l'efficacité de l'échangeur statique dans les conditions de débits volumique de chauffage (de refroidissement),</li> <li>- <math>q_{recycle\_CH} (q_{recycle\_FR})</math> est le débit volumique complémentaire recycle côté aval,</li> <li>- <math>q_{recycle\_CH,ext} (q_{recycle\_FR,ext})</math> est le débit volumique complémentaire recycle côté amont,</li> <li>- <math>P_{vent\_rep\_CH}</math> et <math>P_{vent\_sou\_CH}</math> (<math>P_{vent\_rep\_FR}</math> et <math>P_{vent\_sou\_FR}</math>) : voir configuration A</li> </ul> <p><b>Generateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible (cas chauffage seul):</b> <i>Sys_Thermo_Ch = 2) PAC air extérieur/air recyclé</i> Dans le cas d'un système DFTh réversible, on crée un autre générateur supplémentaire pour le mode refroidissement :</p> <p><b>Refroidissement:</b> <b>Générateur_Thermodynamique_Elec_Non_Reversible :</b> <i>Sys_Thermo_FR = 3) Refroidisseur air extrait/air recyclé</i> Les valeurs de COP, EER et puissances absorbées à pleine charge issues d'essais selon la norme <b>NF EN 13141-7</b>, incluant l'impact des débits de recyclage côtés aval/amont et de l'échangeur statique, doivent être converties via l'outil de conversion mis à disposition avec le présent titre V. Si le système est limité en fonctionnement par temps froid, la température extérieure minimale limite de fonctionnement du système doit être convertie en température de source amont minimale au travers l'outil de conversion.</p>

#### Source amont :

Dans le cas d'un système DFTh réversible, il convient de créer deux sources amonts différentes : une pour le chauffage et une pour le refroidissement.

Les composants source amont utilisés en association avec les générateurs thermodynamiques de chauffage et/ou de refroidissement sont de type « 3 : air extrait ». Ils doivent pointer vers le composant extension dynamique du titre V (T5\_CSTB\_VMCDF\_2Fonctions).

La puissance de ventilateur  $P_{vent\_Gaine}$  est définie nulle.

Pour le mode chauffage, la température limite d'air rejeté  $\theta_{air\_lim}$  intervient si la régulation du système DFTh prévoit une limitation de la température d'air rejeté pour éviter l'apparition du gel. Si tel est le cas, la valeur annoncée par le fabricant est utilisée. Dans le reste des cas, une valeur de  $-99^{\circ}\text{C}$  sera adoptée, ce paramètre n'étant pas pertinent.

Pour la source amont correspondant au mode refroidissement, une valeur  $\theta_{air\_lim}$  de  $99^{\circ}\text{C}$  sera adoptée, ce paramètre n'étant pas pertinent.

#### 4. Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable : fiche algorithme pour la partie ventilation

##### 4.1 Introduction

La présente fiche algorithme décrit le processus de modélisation de la partie ventilation des systèmes double-flux thermodynamique réversibles ou non. Il s'agit de prendre en compte l'impact de l'activation du chauffage/ du refroidissement sur les débits, températures, efficacité de récupérateur statique et puissances de ventilateurs.

##### 4.2 Nomenclature

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

Dans toute la suite de la fiche, on notera  $h$  le pas de temps de simulation, et  $j$  le jour de simulation correspondant.

#### Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Météo	$\theta_{ext}(h)$	Température extérieure au pas de temps $h$	°C
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique extérieure au pas de temps $h$	kg/kgas
Scénarios et environnement intérieur	$i_{vent}(h)$	Indicateurs d'occupation au sens de la ventilation (scénarios) : <i>1 : locaux occupés au sens de la ventilation</i>	Bool
	$Aut_{ch,eff}(j)$	Indicateur de saison de chauffage effective de la CTA. <i>1 : le groupe est en saison de chauffage.</i>	Bool
	$Aut_{fr,eff}(j)$	Indicateur de saison de refroidissement effective de la CTA. <i>1 : le groupe est en saison de refroidissement.</i>	Bool
Groupe	$\theta_{i,fin}^g(h-1)$	Température de l'air intérieur du groupe $gr$ à la fin du pas de temps précédent	°C
	$\rho_{i,fin}^g(h-1)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe $gr$ à la fin du pas de temps précédent	kg/m <sup>3</sup>
	$\omega_{i,fin}^g(h-1)$	Humidité absolue de l'air intérieur du groupe $gr$ à la fin du pas de temps précédent	kg/kgas
	$\theta_{i,moy}^g(h)$	Température de l'air intérieur du groupe $gr$ en moyenne sur le pas de temps $h$	°C
	$\rho_{i,moy}^g(h)$	Masse volumique de l'air intérieur du groupe $gr$ en moyenne sur le pas de temps $h$	kg/m <sup>3</sup>
	$\omega_{i,moy}^g(h)$	Humidité absolue de l'air intérieur du groupe $gr$ en moyenne sur le pas de temps $h$	kg/kgas
	$i_{report\_ch}^g(h-1)$ $i_{report\_fr}^g(h-1)$	Indicateur spécifiant si une génération de chauffage/refroidissement reliée au groupe était en situation de report d'énergie au pas de temps $h-1$	-

Bouches-conduits	$q_{rep,dep,occ}^{g,s}$ $q_{sou,dep,occ}^{g,s}$	Débit volumique spécifique repris et soufflé au niveau des bouches $g,s$ en occupation (en mode ventilation seule).	$m^3/h$
	$q_{rep,fuites}^{g,s}$ $q_{sou,fuites}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé totaux pour le composant bouches-conduits $g,s$	$m^3/h$
	$q_{rep,spec}^{g,s}(h)$ $q_{sou,spec}^{g,s}(h)$	Débit volumique spécifique repris et soufflé au niveau du composant bouches-conduits $g,s$ . (en mode ventilation seule).	$m^3/h$
	$q_{rep,cond}^{g,s}(h)$ $q_{sou,cond}^{g,s}(h)$	Débit volumique repris et soufflé en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques au niveau du composant bouches-conduits $g,s$ (en mode ventilation seule).	$m^3/h$
	$T_{inc}^{g,s}(h)$	Température du local non-chauffé pour le calcul des pertes thermiques du composant du composant bouches-conduits $g,s$	$^{\circ}C$
	$Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de chauffage transmise par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits $g,s$ à son réseau de distribution du groupe au pas de temps $h$ .	Wh
	$Q_{sys\_fr}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de refroidissement transmise par l'émetteur contenu dans le composant bouches-conduits $g,s$ à son réseau de distribution du groupe au pas de temps $h$ .	Wh
	$b_{therm}^{et}(h)$	Coefficient b thermique de l'espace tampon pour la prise en compte des déperditions par les conduits aérauliques hors volume chauffé.	Réel

#### Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Mi n	Max	Co nv.
Bouches-conduits	$A_{cond,rep}^{g,s}$ $A_{cond,souf}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage du composant bouches-conduits $g,s$	$m^2$			
	$R_{rep}^{g,s}$ $R_{soufflé}^{g,s}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de reprise et de soufflage située hors volume chauffé du composant bouches-conduits $g,s$	$m^2K/W$			
	$Rat_{fuites,vc}^{g,s}$	Ratio des fuites en volume chauffé du composant bouches-conduits $g,s$	-	0	1	
	$Dugd^{g,s}$	Durée d'utilisation du grand débit au niveau de la bouche/conduit $g,s$ par semaine type.	h/sem			
Ventilateurs	$P_{vent\_rep\_base}$ $P_{vent\_sou\_base}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise et de soufflage en résidentiel de base (en ventilation seule)	W	0	$+\infty$	
	$P_{vent\_rep\_pointe}$ $P_{vent\_sou\_ipointe}$	Puissance électrique du ventilateur de reprise et de soufflage en résidentiel de pointe (en ventilation seule)	W	0	$+\infty$	



Bypass de l'échangeur	$T_{ext,bypass,hiver}$	Température extérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	-∞	+∞
	$T_{ext,bypass,été}$				
	$T_{int,bypass,hiver}$	Température intérieure de consigne au-dessus de laquelle l'échangeur peut être bypassé en période de chauffage et le reste de l'année.	°C	-∞	+∞
	$T_{int,bypass,été}$				
Mode chauffage et mode refroidissement	$P_{vent,rep,modeCH}$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage en mode chauffage / en mode refroidissement	W	0	+∞
	$P_{vent,sou,modeCH}$				
	$P_{vent,rep,modeFR}$				
	$P_{vent,sou,modeFR}$				
	$Q_{rep\_modeCH,dep}$	Débits volumiques repris et soufflés en mode chauffage sans recyclage / mode refroidissement sans recyclage (au niveau des bouches de soufflage), définis par l'utilisateur.	m <sup>3</sup> /h		
	$Q_{sou\_modeCH,dep}$				
	$Q_{rep\_modeFR,dep}$				
	$Q_{sou\_modeFR,dep}$				
	$Q_{recyclé\_CH,int}$	Débits volumiques recyclés pour le chauffage / mode refroidissement par recyclage d'air intérieur (au niveau de la centrale)	m <sup>3</sup> /h	0	+∞
	$Q_{recyclé\_FR,int}$				
	$Q_{recyclé\_CH,extr}$	Débit volumique recyclé pour le chauffage / le refroidissement côté extraction de la centrale (pour les générateurs sur air extrait).	m <sup>3</sup> /h	0	+∞
	$Q_{recyclé\_FR,extr}$				
$A_{cond,recyclage}$	Surface d'enveloppe des conduits de recyclage d'air intérieur	m <sup>2</sup>	0	+∞	
$K_{res,recyclage}$	Coefficients de fuites des réseaux aérauliques de recyclage d'air intérieur.	m <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> )	sous 1 Pa		
$R_{recyclage}$	Résistance thermique de la partie des réseaux de recyclage d'air intérieur située hors volume chauffé	m <sup>2</sup> K/W	0	+∞	
$Rat_{vc,recyclage}$	Ratio de surface des conduits de recyclage en volume chauffé	-	0	1	
$Id\_et$	Indice de l'espace tampon non-solarisé dans lequel se situe les conduits de ventilation hors volume chauffé (pour la prise en compte des fuites et déperditions de ceux-ci).	Ent	0	+∞	

#### Paramètres intrinsèques

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Description de l'échangeur statique	$id_{niveau\_detail\_echangeur}$	Nature de la représentation de l'échangeur : <i>0 : représentation simplifiée</i> <i>1 : représentation détaillée</i>	Bool	-	-	0
	$id_{statut\_echangeur}$	Statut de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode ventilation seule. <i>0 : Valeur déclarée par le fabricant (par défaut),</i> <i>1 : Valeur justifiée,</i> <i>2 : Valeur certifiée</i>	Ent	0	2	-

$\varepsilon_{t\_saisi}$	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode ventilation seule	-	0	1	-
$Id_{fonction}$	Indicateur de fonctions du système : 1 : Chauffage seul 2 : Chauffage et refroidissement	-	1	2	-
$id_{statut\_echangeur\_CH}$ $id_{statut\_echangeur\_FR}$	Statuts de l'efficacité d'échangeur définie par l'utilisateur en mode chauffage / en mode refroidissement : 0 : Valeur déclarée par le fabricant (par défaut), 1 : Valeur justifiée, 2 : Valeur certifiée.	Ent	0	2	-
$\varepsilon_{modeCH\_saisi}$ $\varepsilon_{modeFR\_saisi}$	Efficacité de l'échangeur pour une représentation simplifiée en mode chauffage/ en mode refroidissement (cas sans recyclage d'air intérieur/extérieur)	-	0	1	-
$iS_{bypass}$	Bypass de l'échangeur : 0 : absence, 1 : présence.	-	-	-	-
$Id_{ModeCH}$ $Id_{ModeFR}$	Type de mode chauffage/ en mode refroidissement : 1) Pas de recyclage d'air, 2) Avec recyclage d'air int./ext..	Ent	1	2	-
$FB$	Facteur de bypass équivalent de l'évaporateur froid (pour le calcul de la déshumidification)	-	0	1	0,2

### Sorties

	Nom	Description	Unité
Avant calcul des besoins (bilan aéraulique)	$\theta_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	Température de l'air soufflé	°C
	$\omega_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	Humidité de l'air soufflé	kg/kgas
	$\rho_{air\_souffle}^{g,s}(h)$	Masse volumique de l'air soufflé	kg/m <sup>3</sup>
	$W_{vent}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système	Wh
	$W_{aux\_v}^{g,s}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation pour le composant bouches-conduits	W
Après calcul des besoins (modélisation des systèmes CVC)	$Q_{sys\_ch(recalculé)}^{g,s}(h)$ $Q_{sys\_fr(recalculé)}^{g,s}(h)$	Demande en énergie de chauffage / de refroidissement transmise par l'émission à son réseau de distribution du groupe au pas de temps h.	Wh
	$\theta_{air\_souffle(recalculé)}^{g,s}(h)$	Température d'air soufflé en amont de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr.	°C
	$q_{m,sou\_spec(recalculé)}^{g,s}(h)$	Débit massique d'air soufflé de l'ensemble bouche/conduit de soufflage s du groupe gr.	kg/s
	$\theta_{air\_extrait(recalculé)}(h)$	Température de l'air rejeté par la centrale, température utilisée pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	°C
	$q_{m\_air\_extrait(recalculé)}(h)$	Débit d'air massique rejeté par la centrale, débit utilisé pour les machines thermodynamiques sur air extrait.	kg/s

$W_{vent(recalculé)}(h)$	Consommation électrique des ventilateurs du système	Wh
$W_{aux\_v(recalculé)}^{g,s}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation recalculée pour le composant bouches-conduits	W

### Variables internes

	Nom	Description	Unité	
Centrale	$A_{cond,rep,ext}^{g,s}$ $A_{cond,souf,ext}^{g,s}$	Surface d'enveloppe des conduits de reprise et de soufflage hors volume chauffé du composant bouches-conduits $g,s$	$m^2$	
	$H_{cond,rep,ext}^{g,s}$ $H_{cond,souf,ext}^{g,s}$	Conductivité thermique du conduit de reprise et de soufflage sur leur partie hors volume chauffé	W/K	
	$Q_{rep\_modeCH,dep}$ $Q_{sou\_modeCH,dep}$ $Q_{rep\_modeFR,dep}$ $Q_{sou\_modeFR,dep}$	Débits volumiques repris et soufflés en mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur	$m^3/h$	
	$Q_{rep\_modeCH,spec}$ $Q_{sou\_modeCH,spec}$ $Q_{rep\_modeFR,spec}$ $Q_{sou\_modeFR,spec}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur	$m^3/h$	
	$Q_{rep\_modeCH,cond}$ $Q_{sou\_modeCH,cond}$ $Q_{rep\_modeFR,cond}$ $Q_{sou\_modeFR,cond}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques	$m^3/h$	
	$P_{vent\_rep\_occ}$ $P_{vent\_sou\_occ}$	Puissances électriques des ventilateurs de reprise et de soufflage calculées à partir des puissances base et pointe.	W 0 +∞	
	Bouches-conduits	$Q_{rep\_modeCH,dep}^{g,s}$ $Q_{sou\_modeCH,dep}^{g,s}$ $Q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s}$ $Q_{sou\_modeFR,dep}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur pour le composant bouches-conduits $g,s$	
		$Q_{rep\_modeCH,spec}^{g,s}$ $Q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s}$ $Q_{rep\_modeFR,spec}^{g,s}$ $Q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant les infiltrations/fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits $g,s$	$m^3/h$
		$Q_{rep\_modeCH,cond}^{g,s}$ $Q_{sou\_modeCH,cond}^{g,s}$ $Q_{rep\_modeFR,cond}^{g,s}$ $Q_{sou\_modeFR,cond}^{g,s}$	Débits volumiques spécifiques repris et soufflés mode chauffage / mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur en intégrant toutes les infiltrations/fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits $g,s$	$m^3/h$
		$Q_{rep,fuites,vc}^{g,s}$ $Q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé en volume chauffé pour le composant bouches-conduits $g,s$	$m^3/h$
		$Q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$ $Q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$	Débit volumique de fuites repris et soufflé hors volume chauffé pour le composant bouches-conduits $g,s$	$m^3/h$

Variables internes de débits	$Q_{\text{recycleCH,fuites}}$	Infiltrations aérauliques dans les conduits de recyclage d'air intérieur.	$\text{m}^3/\text{h}$
	$Q_{\text{recycleFR,fuites}}$		
	$q_{m,\text{rep,cond(recalcule)}}(h)$	Débit massique repris et soufflé en intégrant les fuites aérauliques, recalculés au pas de temps h.	$\text{kg/s}$
	$q_{m,\text{sou,cond(recalcule)}}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques en volume chauffé pour le composant bouches-conduits g,s	$\text{kg/s}$
	$q_{m,\text{sou,spec}}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s.	$\text{kg/s}$
Température aux différents points du système de ventilation	$q_{m,\text{sou,cond(recalcule)}}^{g,s}(h)$	Débit massique soufflé en intégrant les fuites aérauliques pour le composant bouches-conduits g,s, recalculé au pas de temps h	$\text{kg/s}$
	$\theta_{\text{extr1}}^{g,s}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes du conduit pour le composant bouches-conduits g,s	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{\text{extr1(recalcule)}}^{g,s}(h)$		
	$\theta_{\text{extr1}}(h)$	Température de l'air repris après impact des pertes des conduits au niveau de la centrale	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{\text{extr1(recalcule)}}(h)$		
	$\theta_{\text{extr2}}(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction de la centrale	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{\text{extr2(recalcule)}}(h)$		
	$\theta_{\text{extr3(recalcule)}}(h)$	Température de l'air repris après impact de l'échangeur statique de la centrale	
	$\theta_{\text{souf1}}(h)$	Température de l'air soufflé après impact l'échangeur statique de la centrale de la centrale	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{\text{souf1(recalcule)}}(h)$		
	$\theta_{\text{souf2}}(h)$	Température de l'air soufflé après impact du ventilateur de soufflage de la centrale	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{\text{souf2(recalcule)}}(h)$		
	$\theta_{\text{an}}(h)$	Température et humidité absolue de l'air neuf vu par la centrale	$^{\circ}\text{C}$
	$\omega_{\text{an}}(h)$		$\text{kg/kgas}$
	$\theta_{\text{air,souffle}}(h)$	Température et humidité absolue de l'air à la sortie de la centrale	$^{\circ}\text{C}$
$\omega_{\text{air,souffle}}(h)$		$\text{kg/kgas}$	
	$T_{\text{inc}}^{g,s}(h)$	Température de local non-chauffé pour le calcul des fuites et pertes des conduits aérauliques.	$^{\circ}\text{C}$
Mode chauffage avec recyclage	$H_{\text{cond,recycle,ext}}$	Conductivité thermique du conduit de recyclage hors volume chauffé	$\text{W/K}$
	$T_{\text{inc,recyclage}}(h)$	Température de local non-chauffé traversé par le conduit de recyclage	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{i,\text{moy\_recyclage}}(h)$	Température et humidité absolue d'air intérieur vu par le recyclage	$^{\circ}\text{C}$
	$\omega_{i,\text{moy\_recyclage}}(h)$		$\text{kg/kgas}$
	$\theta_{\text{air,recycle,cond}}(h)$	Température d'air recyclée en intégrant les infiltrations aérauliques	$^{\circ}\text{C}$
	$\theta_{\text{air,recycle}}(h)$	Température d'air recyclé en mode chauffage au niveau de la centrale de ventilation.	$^{\circ}\text{C}$
	$\rho_{\text{air,recycle}}(h)$	Masse volumique d'air recyclé en mode chauffage au niveau de la centrale de ventilation.	$\text{kg/m}^3$
	$\rho_{\text{air,recycle}}(h-1)$		
	$\rho_{\text{air,souffle(recalcule)}}(h)$	Masse volumique d'air soufflée	$\text{kg/m}^3$

	$\rho_{air\_souffle}(recalcule)(h-1)$	recalculée (au pas de temps h et h-1).	
	$P_{vent,rep}(recalcule)(h)$	Puissances des ventilateurs de reprise et de soufflage recalculées au pas de temps h	W
	$P_{vent,sou}(recalcule)(h)$		
	$\theta_{icond}^{g,s}(h)$	Température de l'air à l'intérieur des conduits d'extraction du composant bouches-conduits g,s	°C
	$\theta_{icond}(recalcule)^{g,s}(h)$		
Dés humidification	$Q_{sys,lat\_fr}^{g,s}(h)$	Besoin de refroidissement supplémentaire lié à la déshumidification au pas de temps h.	Wh
	$d\omega(h)$	Variation d'humidité de l'air soufflé entre avant et après l'étape de refroidissement	kg/kgas
	$\omega_{sat}(h)$	Humidité spécifique à saturation pour l'air soufflé à la température de surface du refroidisseur	kg/kgas
	$\theta_{evap\_eq}(h)$	Température de batterie froide pour la prise en compte de la déshumidification.	°C
	$\epsilon_t$	Efficacité de l'échangeur en représentation simplifiée, en prenant en compte le statut de saisie en mode ventilation seule, chauffage et refroidissement	-
	$\epsilon_{modeCH}$ $\epsilon_{modeFR}$		
Echangeur	$\delta_{bypass}(h)$	Indicateur d'activation du by-pass de l'échangeur statique. 0 : inactif, 1 : actif	-
	$\epsilon_{recalcule}(h)$	Efficacité de l'échangeur recalculée au pas de temps h.	-
	$C_{air\_repris}(h)$	Débit capacitif de l'air repris et de l'air neuf (pour la caractérisation des performances de l'échangeur)	W/K
	$C_{air\_neuf}(h)$		
	$C(h)$	Rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux-fluides de l'échangeur	-
	$NUT(h)$	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur	-
	$C_{air\_rejeté}(h)$	Débit capacitif de l'air rejeté	W/K
<b>Constantes</b>			
	<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b> <b>Val</b>
	$C_{pa}$	Chaleur massique de l'air	J/kg.K      1006
	$\rho_{ref}$	Masse volumique de l'air de référence	kg/m <sup>3</sup> 1,2
	$\theta_{ref}$	Température d'air correspondant à la masse volumique de l'air de référence	°C      20
	$PeI$	Rendement des ventilateurs	-      0,8
	$\epsilon_{utile\ max}$	Efficacité maximale de l'échangeur en l'absence de valeurs certifiées ou justifiées	-      -      -      0,5

Tableau 2 : Nomenclature du modèle

### 4.3 Description mathématique

#### 4.3.1 Prise en compte du système avant le calcul des besoins en énergie du groupe

La première phase de modélisation du système 2 fonctions consiste à fournir les données d'entrée pour l'algorithme de modélisation du comportement thermique du groupe, à savoir débits massiques, températures et humidités de l'air soufflé dans le groupe.

Cette première phase intervient avant le calcul des besoins d'énergie de chauffage du groupe.

On modélise alors le système 2 fonctions avec comme hypothèse que la fonction chauffage est désactivée, ce qui le ramène donc à un système de ventilation double-flux hygiénique classique.

Ainsi, le calcul est identique à celui d'un système de ventilation double-flux classique, déjà pris en compte dans la méthode Th-BCE, détaillés dans les chapitres « 8.2 C\_Ven\_Bouches-conduits » (débits massiques soufflés et repris) et « 8.4 C\_Ven\_Mécanique double-flux » (température et humidité de l'air soufflé, puissance de ventilateurs pour le débit d'hygiène).

Par soucis de simplicité, seule la description simplifiée de l'efficacité de l'échangeur est utilisable dans le composant ( $id_{niveau\_detail\_echangeur} = 0$  : représentation simplifiée).

#### 4.3.2 Prise en compte du système après le calcul des besoins en énergie du groupe

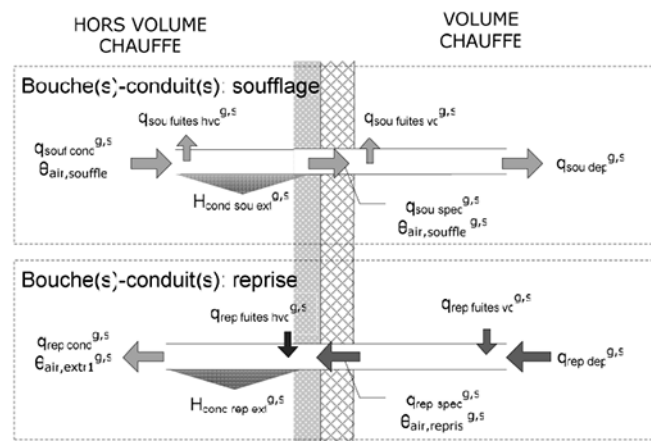
La seconde phase de modélisation du système 2 fonctions consiste à :

- recalculer les températures, humidités de l'air et puissances appelées en prenant en compte les besoins de chauffage des locaux,
- calculer les consommations énergétiques supplémentaires des ventilateurs du système 2 fonctions, en intégrant le cas échéant les fonctions de recyclage ou d'augmentation de débit liées à un appel de puissance de chauffage ou de refroidissement

Le déclenchement du mode chauffage ou refroidissement peut entraîner :

- soit une augmentation des débits soufflés et repris en restant en tout air neuf et tout air repris,
- soit une augmentation des débits soufflés ou repris, avec l'ouverture de volet de recyclage d'air intérieur côté source aval et d'air extérieur côté source amont. Cette solution présente l'avantage de ne pas augmenter la quantité d'air neuf (froid) à réchauffer lors de l'activation du mode chauffage ou du mode refroidissement

Le calcul de la centrale de ventilation est directement lié à celui des bouches-conduits connectés, dont les conventions sont les suivantes :



**Figure 2: rappel des notations de débits et températures au niveau des bouches-conduits**

#### 4.3.2.1 Préprocesseur

En début de simulation, on calcule les variables suivantes, indépendantes du pas de temps de simulation :

$$q_{rep\_fuites,vc}^{g,s} = Rat_{fuitesvc}^{g,s} \times q_{rep\_fuites}^{g,s} \quad (1)$$

$$q_{sou\_fuites,vc}^{g,s} = Rat_{fuitesvc}^{g,s} \times q_{sou\_fuites}^{g,s}$$

$$q_{rep\_fuites,lvc}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times q_{rep\_fuites}^{g,s} \quad (2)$$

$$q_{sou\_fuites,lvc}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times q_{sou\_fuites}^{g,s}$$

En usage d'habitation (maison individuelle ou accolée ou logement collectif), il est nécessaire de convertir en préprocesseur les puissances de ventilateur base et pointe en une valeur d'occupation :

$$P_{vent\_rep\_occ} = \frac{P_{vent\_rep\_pointe} \times MAX(Dugd^{g,s}) + P_{vent\_rep\_base} \times (168 - MAX(Dugd^{g,s}))}{168} \quad (3)$$

$$P_{vent\_sou\_occ} = \frac{P_{vent\_rep\_pointe} \times MAX(Dugd^{g,s}) + P_{vent\_rep\_base} \times (168 - MAX(Dugd^{g,s}))}{168}$$

Pour rappel, on calcule également les surfaces et coefficients de déperditions thermiques des conduits hors volume chauffé :

$$A_{cond,sou,ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times A_{cond,sou}^{g,s} \quad (4)$$

$$A_{cond,rep,ext}^{g,s} = (1 - Rat_{fuitesvc}^{g,s}) \times A_{cond,rep}^{g,s}$$

$$H_{cond,souf,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,sou,ext}^{g,s}}{R_{soufflé}^{g,s} + 0.02} \quad (5)$$

$$H_{cond,rep,ext}^{g,s} = \frac{A_{cond,rep,ext}^{g,s}}{R_{repris}^{g,s} + 0.02}$$

##### 4.3.2.1.1 Cas du mode sans recyclage d'air

**Dans le cas d'un mode chauffage (ou refroidissement) sans recyclage d'air intérieur/extérieur**, c'est-à-dire pour,  $Id_{ModeCH} = \ll 1 \gg$  Pas de recyclage d'air ou  $Id_{ModeFR} = \ll 1 \gg$  Pas de recyclage d'air :

Les débits soufflés en mode chauffage sont définis au niveau de la centrale de ventilation. On calcule les débits en incluant les infiltrations des réseaux aérauliques.

$$q_{rep\_modeCH,spec} = q_{rep\_modeCH,dep} + \sum_{g,ses} q_{rep\_fuites,vc}^{g,s} \quad (6)$$

$$q_{sou\_modeCH,spec} = q_{rep\_modeCH,dep} + \sum_{g,ses} q_{sou\_fuites,vc}^{g,s}$$

$$q_{rep\_modeCH,cond} = q_{rep\_modeCH,dep} + \sum_{g,ses} q_{rep\_fuites}^{g,s} \quad (7)$$

$$q_{sou\_modeCH,cond} = q_{rep\_modeCH,dep} + \sum_{g,ses} q_{sou\_fuites}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits  $g,s$  connectés à la centrale, les débits volumiques en mode chauffage sont recalculés au prorata des débits volumiques en mode ventilation seule.

$$q_{rep\_modeCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{rep\_modeCH,dep}^{g,s}}{\sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}} q_{rep,dep,occ}^{g,s} + q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (8)$$

$$q_{rep\_modeCH,cond}^{g,s} = q_{rep\_modeCH,spec}^{g,s} + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$$

$$q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_modeCH,dep}^{g,s}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (9)$$

$$q_{sou\_modeCH,cond}^{g,s} = q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

De même, pour un système assurant également le refroidissement, les débits soufflés en mode refroidissement sont définis au niveau de la centrale de ventilation. On calcule les débits en incluant les infiltrations des réseaux aérauliques.

$$q_{rep\_modeFR,spec}^{g,s} = q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (10)$$

$$q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s} = q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s}$$

$$q_{rep\_modeFR,cond}^{g,s} = q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s} + \sum_{g,s \in S} q_{rep,fuites}^{g,s} \quad (11)$$

$$q_{sou\_modeFR,cond}^{g,s} = q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits  $g,s$  connectés à la centrale, les débits volumiques en mode refroidissement sont recalculés au prorata des débits volumiques en mode ventilation seule.

$$q_{rep\_modeFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{rep\_modeFR,dep}^{g,s}}{\sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s}} q_{rep,dep,occ}^{g,s} + q_{rep,fuites,vc}^{g,s} \quad (12)$$

$$q_{rep\_modeFR,cond}^{g,s} = q_{rep\_modeFR,spec}^{g,s} + q_{rep,fuites,hvc}^{g,s}$$

$$q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_modeFR,dep}^{g,s}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (13)$$

$$q_{sou\_modeFR,cond}^{g,s} = q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

Comme pour l'échangeur en ventilation seule, les efficacités  $\epsilon_{modeCH}$  de l'échangeur en mode chauffage et  $\epsilon_{modeFR}$  en mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur prises en compte dans le calcul dépendent du statut de donnée associé :

- **Statut certifié ( $id_{statut\_echangeur\_ch} / id_{statut\_echangeur\_fr} = 2$ ):** la valeur issue d'une certification basée sur la norme EN 13141-7 si le produit est certifié par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation,
- **Statut justifié ( $id_{statut\_echangeur\_ch} / id_{statut\_echangeur\_fr} = 1$ ):**  $\epsilon_{modeCH,saisi} / \epsilon_{modeFR,saisi}$  est la valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base de la norme EN 13141-7 :

$$\begin{aligned} \epsilon_{modeCH} &= 0,9 \times \epsilon_{modeCH,saisi} \\ \epsilon_{modeFR} &= 0,9 \times \epsilon_{modeFR,saisi} \end{aligned} \quad (14)$$



- **Statut déclaré** ( $id_{statut\_echangeur\_ch} = 0$  /  $id_{statut\_echangeur\_fr} = 0$ ): la valeur est simplement déclarée par le fabricant :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{modeCH} &= MIN(0,8 \times \varepsilon_{modeCH\_saisi} ; \varepsilon_{utile\ max}) \\ \varepsilon_{modeFR} &= MIN(0,8 \times \varepsilon_{modeFR\_saisi} ; \varepsilon_{utile\ max}) \end{aligned} \quad (15)$$

- **Valeur par défaut** : si aucune information n'est disponible sur les performances d'échangeur en mode chauffage ou refroidissement, les valeurs suivantes sont prises en compte :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{modeCH} &= \varepsilon_t \times \left( 1 - 0,4 \times \ln \left( \frac{q_{sou\_modeCH\_dep}}{\sum_{g,s} q_{sou\_dep,occ}^{g,s}} \right) \right) \\ \varepsilon_{modeFR} &= \varepsilon_t \times \left( 1 - 0,4 \times \ln \left( \frac{q_{sou\_modeFR\_dep}}{\sum_{g,s} q_{sou\_dep,occ}^{g,s}} \right) \right) \end{aligned} \quad (16)$$

Où  $\varepsilon_t$  est l'efficacité de l'échangeur en mode ventilation seule.

#### 4.3.2.1.2 Cas du mode avec recyclage d'air

Dans le cas d'un mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, c'est-à-dire pour  $Id_{ModeCH} = \ll 2$ ) Avec recyclage d'air int./ext. » /  $Id_{ModeFR} = \ll 2$ ) Avec recyclage d'air int./ext. » :

$$\begin{aligned} q_{recycleCH_{fuites}} &= 3600 \times K_{res,recyclage} \times A_{cond,recyclage} \times dP^{0,667} \\ q_{recycleFR_{fuites}} &= 3600 \times K_{res,recyclage} \times A_{cond,recyclage} \times dP^{0,667} \end{aligned} \quad (17)$$

Où :

- $K_{res,recyclage}$  est la classe d'étanchéité à l'air du réseau de recyclage,

Classe d'étanchéité du réseau	Kres (m <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> ) sous 1 Pa)
A	0,027 10 <sup>-3</sup>
B	0,009 10 <sup>-3</sup>
C	0,003 10 <sup>-3</sup>
Autre (valeur par défaut)	0,0675 10 <sup>-3</sup>

Tableau 3 : Valeurs conventionnelles de  $K_{res,recyclage}$

- $A_{cond,recyclage}$  est la surface du ou des conduits de recyclage connectés à la centrale en m<sup>2</sup>. Par défaut :

$$A_{cond,recyclage} = 0,02 \times MAX(q_{recycleCH} ; q_{recycleFR}) \quad (18)$$

- $dP$  est la différence de pressions de référence pour le calcul des fuites. On retiendra conventionnellement la valeur pour la haute pression correspondant au logement individuel, **soit 80 Pa**.

$$H_{cond,recycle,ex} = \frac{A_{cond,recyclage}}{R_{recyclage} + 0,02} \quad (19)$$

En mode chauffage :

$$\begin{aligned} q_{recycleCH,spec} &= q_{recycleCH} + Rat_{vc,recyclage} \times q_{recycleCH_{fuites}} \\ q_{recycleCH,cond} &= q_{recycleCH} + q_{recycleCH_{fuites}} \end{aligned} \quad (20)$$

$$q_{sou\_modeCH,dep} = \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{recycleCH,cond} \quad (21)$$

$$q_{sou\_modeCH,spec} = q_{sou\_modeCH,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (22)$$

$$q_{sou\_modeCH,cond} = q_{sou\_modeCH,spec} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits  $g,s$  connectés à la centrale, les débits volumiques soufflés en mode chauffage sont recalculés au prorata des débits volumiques soufflés en mode ventilation seule. Les débits volumiques repris restent inchangés.

$$q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_modeCH,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (23)$$

$$q_{sou\_modeCH,cond}^{g,s} = q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

En mode refroidissement :

$$q_{recycleFR,spec} = q_{recycleFR} + Rat_{vc,recyclage} \times q_{recycleFR,fuites} \quad (24)$$

$$q_{recycleFR,cond} = q_{recycleFR} + q_{recycleFR,fuites}$$

$$q_{sou\_modeFR,dep} = \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{recycleFR,cond} \quad (25)$$

$$q_{sou\_modeFR,spec} = q_{sou\_modeFR,dep} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (26)$$

$$q_{sou\_modeFR,cond} = q_{sou\_modeFR,spec} + \sum_{g,s \in S} q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

Pour chaque bouches-conduits  $g,s$  connectés à la centrale, les débits volumiques soufflés en mode refroidissement sont recalculés au prorata des débits volumiques soufflés en mode ventilation seule. Les débits volumiques repris restent inchangés.

$$q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s} = \frac{q_{sou\_modeFR,dep}}{\sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s}} q_{sou,dep,occ}^{g,s} + q_{sou,fuites,vc}^{g,s} \quad (27)$$

$$q_{sou\_modeFR,cond}^{g,s} = q_{sou\_modeFR,spec}^{g,s} + q_{sou,fuites,hvc}^{g,s}$$

En termes d'efficacité d'échangeur, l'efficacité du mode ventilation seule est conservée.

#### 4.3.2.2 Cohérence du montage

**Dans le cas d'un mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur**, c'est-à-dire pour,  $Id_{ModeCH} = \ll 1 \gg$  *Sans recyclage d'air intérieur/extérieur* » on vérifiera que les débits aux bouches en mode chauffage sont bien supérieurs aux débits en mode ventilation seule :

$$\text{Si } q_{rep\_modeCH,dep} < \sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s} \text{ alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (28)$$

« Le débit volumique d'air repris en mode de chauffage doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

$$\text{Si } q_{sou\_modeCH,sou} < \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} \text{ , alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (29)$$

« Le débit volumique d'air soufflé en mode de chauffage doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

De même dans le cas d'un mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur,  $I_{dModeFR} = \ll 1 \gg$  Sans recyclage d'air intérieur/extérieur » :

$$\text{Si } q_{rep\_modeFR,dep} < \sum_{g,s \in S} q_{rep,dep,occ}^{g,s} \text{ alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (30)$$

« Le débit volumique d'air repris en mode de refroidissement doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

$$\text{Si } q_{sou\_modeFR,sou} < \sum_{g,s \in S} q_{sou,dep,occ}^{g,s} \text{ alors, renvoyer le message d'erreur :} \quad (31)$$

« Le débit volumique d'air soufflé en mode de refroidissement doit être supérieur ou égal au débit volumique en mode ventilation seule ».

#### 4.3.2.3 Algorithme de prise en compte horaire

Les algorithmes de prise en compte horaire des systèmes fonctions pour l'aspect ventilation sont détaillés page suivante :

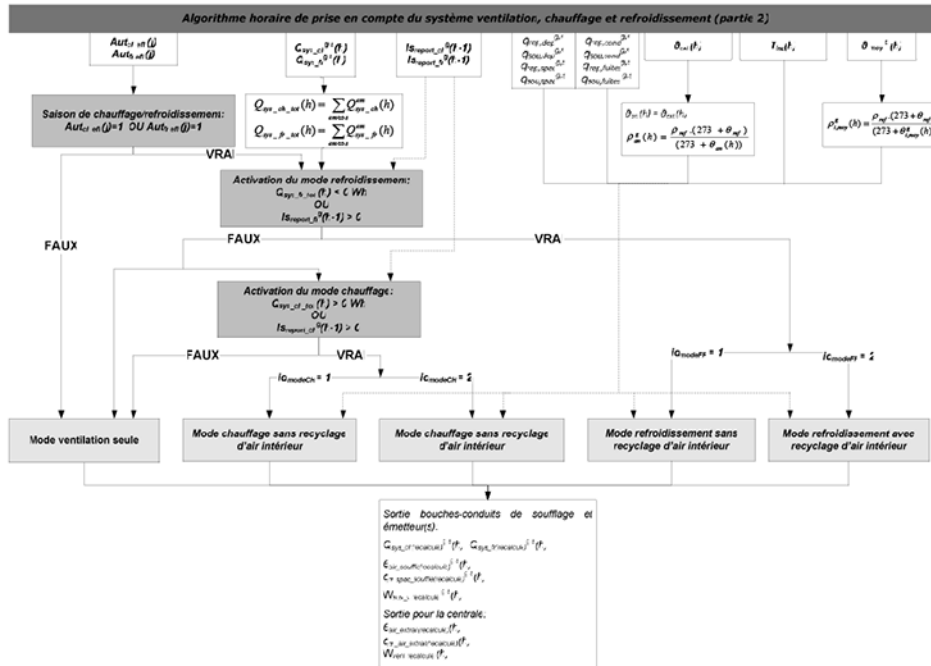


Figure 3: structure globale de l'algorithme

Au cours d'un pas de temps, on considère que le système ne peut pas assurer simultanément le chauffage et le refroidissement. Etant donné qu'il est destiné aux usages résidentiels, il n'y a à priori pas de temps où un besoin de chaud et un besoin de froid devront être assurés simultanément. Dans le cas où cela arriverait, le mode refroidissement est considéré prioritaire. Le besoin de chauffage reste cependant comptabilisé au niveau de l'émetteur, et transmis à la génération associée au système de ventilation.

#### Mode ventilation seule (chauffage et refroidissement désactivés) :

Que ce soit en l'absence de besoin de chauffage (ventilation seule), les variables recalculées sont égales aux variables calculées lors du premier calcul précédent le bilan thermique des groupes :

$$\begin{aligned} Q_{sys\_ch(recalculé)}^{g,s}(h) &= Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) (= 0 \text{ Wh}) \\ Q_{sys\_fr(recalculé)}^{g,s}(h) &= Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) (= 0 \text{ Wh}) \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned}\theta_{air\_souffle(recalculé)}^{g,s}(h) &= \theta_{air\_souffle}^{g,s}(h) \\ q_{m,sou\_spec(recalculé)}^{g,s}(h) &= q_{m,sou\_spec}^{g,s}(h)\end{aligned}\quad (33)$$

$$\begin{aligned}\theta_{air\_extrait(recalculé)}(h) &= \theta_{air\_extrait}(h) \\ q_{m\_air\_extrait(recalculé)}(h) &= q_{m\_air\_extrait}(h)\end{aligned}\quad (34)$$

$$\begin{aligned}W_{vent(recalculé)}(h) &= W_{vent}(h) \\ W_{aux\_V(recalculé)}^{g,s}(h) &= W_{aux\_V}^{g,s}(h)\end{aligned}\quad (35)$$

### Mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur

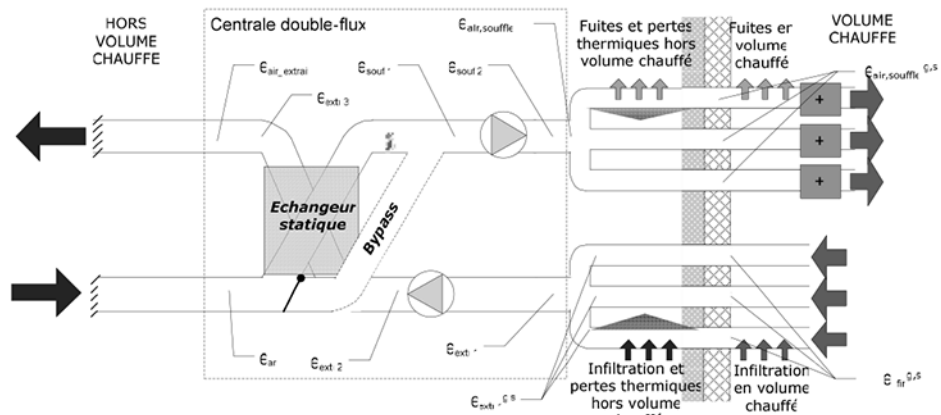


Figure 4: mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur

En mode chauffage, l'ensemble puissances de ventilateurs et température du réseau de ventilation doivent être recalculées, dans la mesure où les débits repris et soufflés sont supérieurs au mode ventilation seule.

$$q_{m,rep,cond(recalculé)}(h) = \frac{1}{3600} \sum_{g,s \in S} \rho_{i,moy}^g(h) q_{rep\_mod eCH,cond}^{g,s} \quad (36)$$

$$q_{m\_air\_extrait(recalculé)}(h) = q_{m,rep,cond(recalculé)}(h) \quad (37)$$

$$P_{vent\_rep(recalculé)}(h) = P_{vent\_rep\_modeCH} \quad (38)$$

$$P_{vent\_souf(recalculé)}(h) = P_{vent\_souf\_modeCH}$$

$$W_{vent(recalculé)}(h) = P_{vent\_rep(recalculé)}(h) + P_{vent\_souf(recalculé)}(h) \quad (39)$$

Les températures extraites sont calculées à partir des nouveaux débits pour chaque composant bouches-conduits :

$$T_{Lnc}^{g,s}(h) = (1 - b_{thermique}^{et}(h)) \times \theta_{i,moy}^g(h) + b_{thermique}^{et}(h) \times \theta_{ext}(h) \quad (40)$$

$$\theta_{cond(recalculé)}^{g,s}(h) = \frac{q_{rep\_mod eCH,spec}^{g,s} \times \theta_{i,moy}^g(h) + q_{rep\_fuites,hvc}^{g,s} \times T_{Lnc}^{g,s}(h)}{q_{rep\_mod eCH,cond}^{g,s}} \quad (41)$$

$$\theta_{extr1(recalculé)}^{g,s}(h) = \theta_{icond(recalculé)}^{g,s}(h) - \left( \theta_{icond(recalculé)}^{g,s}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left( 1 - \exp \left( - \frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalculé)}(h)} \right) \right) \quad (42)$$

Au niveau de la centrale, la température extraite après passage dans les conduits est la suivante :

$$\theta_{extr1(recalculé)}(h) = \frac{\sum (\theta_{extr1(recalculé)}^{g,s}(h) \times \rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep\_modeCH,cond}^{g,s})}{3600 \times q_{m,rep,cond(recalculé)}(h)} \quad (43)$$

$$\theta_{extr2(recalculé)}(h) = \theta_{extr1(recalculé)}(h) + \frac{pel \times P_{vent\_rep(recalculé)}(h)}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond(recalculé)}(h)} \quad (44)$$

Le mode chauffage peut être associé à une augmentation des débits et donc à une modification de l'efficacité de l'éventuel échangeur statique :

$$\varepsilon_{recalculé}(h) = (1 - \delta_{bypass}(h)) \cdot \varepsilon_{modeCH} \quad (45)$$

$$\theta_{souf1(recalculé)}(h) = \theta_{an}(h) + \varepsilon_{recalculé}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalculé)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (46)$$

$$\theta_{extr3(recalculé)}(h) = \theta_{extr2(recalculé)}(h) - \varepsilon_{recalculé}(h) \cdot (\theta_{extr2(recalculé)}(h) - \theta_{an}(h)) \quad (47)$$

$$\theta_{souf2(recalculé)}(h) = \theta_{souf1(recalculé)}(h) + \frac{3600 \times pel \times P_{vent\_sou(recalculé)}(h)}{C_{pa} \times \rho_{air,souffle(recalculé)}(h-1) \times q_{sou\_modeCH,cond}} \quad (48)$$

Note :  $\rho_{air,souffle(recalculé)}(h)$  est initialisée à la valeur de la constante  $\rho_{ref}$

$$\theta_{air\_souffle(recalculé)}(h) = \theta_{souf2(recalculé)}(h) \quad (49)$$

$$\rho_{air\_souffle(recalculé)}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air,souffle(recalculé)}(h))} \quad (50)$$

$$q_{m,sou,cond(recalculé)}(h) = \frac{\rho_{air\_souffle}(h) \cdot q_{sou\_modeCH,cond}}{3600} \quad (51)$$

$$\omega_{air\_souffle(rec)}(h) = \omega_{an}(h) \quad (52)$$

Côté air évacué, la température d'air est la suivante :

$$\theta_{air\_extrait(recalculé)}(h) = \theta_{extr3(recalculé)}(h) \quad (53)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage, les données de sortie sont les suivantes :

$$q_{m,sou,spec(recalculé)}^{g,s}(h) = \rho_{air\_souffle(recalculé)}(h) \cdot q_{sou\_modeCH,spec}^{g,s} \quad (54)$$

$$q_{m,sou,cond(recalculé)}^{g,s}(h) = \rho_{air\_souffle(recalculé)}(h) \cdot q_{sou\_modeCH,cond}^{g,s}$$

$$\theta_{air\_soufflé(recalculé)}(h) = \theta_{air\_souffle(recalculé)}(h)$$

$$- \left( \theta_{air\_soufflé(recalculé)}(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h) \right) \times \left( 1 - \exp \left( - \frac{3600 \times H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond(recalculé)}^{g,s}(h)} \right) \right) \quad (55)$$

$$Q_{sys\_ch(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot MAX \left[ 0; \left( q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h)) - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}^{g,s}(h)) \right) \right] \quad (56)$$

$$Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_fr}^{g,s}(h)$$

$$W_{aux\_V(recalcule)}^{g,s}(h) = \frac{W_{vent(recalcule)}(h) \times q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h)} \quad (57)$$

### **Mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur**

Le modèle est rigoureusement similaire au mode chauffage sans recyclage d'air intérieur/extérieur, à ceci près que le jeu de données employé est celui d'indice « FR ».

Au final :

$$Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = MIN \left[ 0; Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot \left( q_{m,sou,spec(recalcule)}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé(recalcule)}^{g,s}(h)) - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}^{g,s}(h)) \right) \right] \quad (58)$$

$$Q_{sys\_ch(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)$$

Outre le besoin en énergie sensible, il convient de prendre en compte le besoin en énergie latente, associée à la déshumidification sur l'évaporateur de la pompe à chaleur. Ce besoin supplémentaire n'est pas pris en compte au niveau du composant émission étant donné qu'on n'introduit pas de ventilateurs locaux.

Si  $\sum_{g,s} Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) < 0$  (Wh), alors :

Le besoin de refroidissement précédemment calculé correspond au besoin sensible (sans déshumidification). On introduit le facteur de bypass FB de l'évaporateur, correspondant à la fraction de l'air soufflé traversant l'évaporateur sans être affecté par l'échange thermique. Ce facteur de bypass FB est fixé conventionnellement à 20%, valeur également retenue dans le chapitre 10.1 C\_Emi\_Systèmes d'émissions du groupe des règles Th-BCE. Cette hypothèse permet de déterminer une température de surface d'évaporateur équivalente selon la relation suivante. Cette température de surface d'évaporateur équivalente est limitée à 9°C, valeur conventionnelle retenue pour les climatiseurs dans le chapitre 10.1 des règles Th-BCE :

$$\theta_{evap\_eq}(h) = MAX \left( 9^{\circ}C; \theta_{air\_soufflé(recalcule)}(h) + \frac{\sum_{g,s} Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou,spec(rec)}^{g,s}(h) \times (1 - BP) \times C_{pa}} \right) \quad (59)$$

$$\omega_{sat}(h) = 10^{-3} \times \exp \left( 18.8161 - \frac{4110.34}{\theta_{evap\_eq}(h) + 235.0} \right) \quad (60)$$

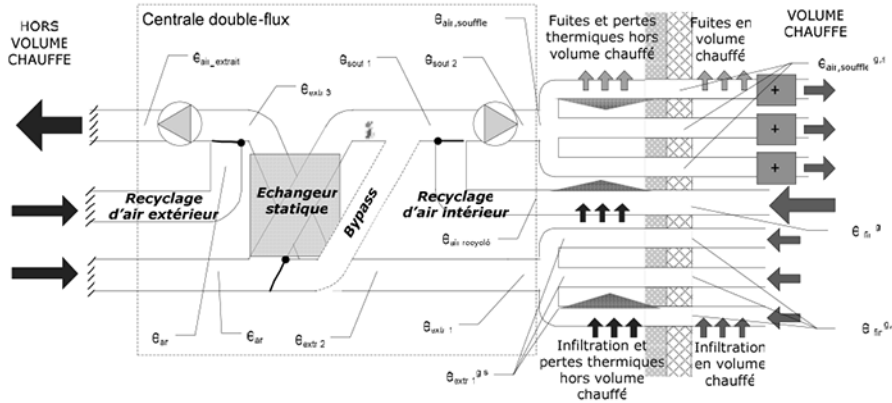
La besoin supplémentaire associé à la déshumidification est le suivant :

$$Dw(h) = MIN(\omega_{sat}(h) - \omega_{air\_soufflé(rec)}(h); 0) \times (1 - BP) \quad (61)$$

$$Q_{sys\_lat\_fr}^{g,s}(h) = q_{m,sou,spec(rec)}^{g,s}(h) \times L \times Dw(h) \quad (62)$$

$$Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) + Q_{sys\_lat\_fr}^{g,s}(h) \quad (63)$$

**Mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur:**



**Figure 5: mode chauffage (ou refroidissement) avec recyclage d'air intérieur/extérieur**

En mode chauffage par recyclage d'air intérieur/extérieur, les débits repris aux bouches de ventilation (hors celles de recyclage) restent identiques au mode ventilation seule :

$$q_{m,rep,cond}(recalcule)(h) = \frac{1}{3600} \sum_g (\rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep\_cond}^{g,s}(h)) \quad (64)$$

Les débits soufflés et extraits doivent par contre être recalculés en intégrant les débits de recyclage. La température d'air recyclée équivalente est prise égale à la moyenne pondérée par les débits en mode chauffage des groupes desservis :

$$T_{In c,recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,SEs} (q_{sou\_mod eCH,spec}^{g,s} \cdot T_{Lnc}^{g,s}(h))}{q_{sou\_mod eCH,spec}} \quad (65)$$

$$\theta_{i\_moy\_recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,SEs} (q_{sou\_mod eCH,spec}^{g,s} \cdot \theta_{i\_moy}^{g,s}(h))}{q_{sou\_mod eCH,spec}} \quad (66)$$

$$\omega_{i\_moy\_recyclage}(h) = \frac{\sum_{g,SEs} (q_{sou\_mod eCH,spec}^{g,s} \cdot \omega_{i\_moy}^{g,s}(h))}{q_{sou\_mod eCH,spec}} \quad (67)$$

$$\theta_{air\_recycle,cond}(h) = \frac{q_{recycleCH,spec} \cdot \theta_{i\_moy\_recyclage}(h) + (1 - Rat_{vc,recyclage}) \times q_{recycleCH,fuites} \times T_{In c,recyclage}(h)}{q_{recycleCH,cond}} \quad (68)$$

$$\theta_{air\_recycle}(h) = \theta_{air\_recycle,cond}(h) - (\theta_{air\_recycle,cond}(h) - T_{In c,recyclage}(h)) \times \left( 1 - \exp\left( \frac{H_{cond,recycleCH,ext}}{C_{pa} \times \rho_{air\_recycle}(h-1) \times q_{recycleCH,cond}} \right) \right) \quad (69)$$

$$\rho_{air\_recycle}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air\_recycle}(h))} \quad (70)$$

Pour ce qui est des ventilateurs, on applique les puissances en mode chauffage :

$$P_{vent\_rep}(recalcule)(h) = P_{vent\_rep\_modeCH} \quad (71)$$

$$W_{vent}(recalcule)(h) = P_{vent\_rep}(recalcule)(h) + P_{vent\_souf}(recalcule)(h) \quad (72)$$

La température d'air extrait avant échangeur statique est calculée de la manière suivante :

$$T_{Lnc}^{g,s}(h) = (1 - b_{thermique}^{et}(h)) \times \theta_{i,moy}^g(h) + b_{thermique}^{et}(h) \times \theta_{ext}(h) \quad (73)$$

$$\theta_{icond}^{g,s}(recalcule)(h) = \frac{q_{rep\_mod\ eCH,spec}^{g,s} \times \theta_{i,moy}^g(h) + q_{rep\_fuites,hvc}^{g,s} \times T_{Lnc}^{g,s}(h)}{q_{rep\_mod\ eCH,cond}^{g,s}} \quad (74)$$

$$\theta_{extr1}^{g,s}(recalcule)(h) = \theta_{icond}^{g,s}(recalcule)(h) - (\theta_{icond}^{g,s}(recalcule)(h) - T_{Lnc}^{g,s}(h)) \times \left( 1 - \exp\left( -\frac{H_{cond,rep,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond}(recalcule)(h)} \right) \right) \quad (75)$$

$$\theta_{extr1}(recalcule)(h) = \frac{\sum (\theta_{extr1}(recalcule)(h) \times \rho_{i,moy}^g(h) \times q_{rep\_mod\ eCH,cond}^{g,s})}{3600 \times q_{m,rep,cond}(recalcule)(h)} \quad (76)$$

$$\theta_{extr2}(recalcule)(h) = \theta_{extr1}(recalcule)(h) + \frac{pel \times P_{vent\_rep}(recalcule)(h)}{C_{pa} \times q_{m,rep,cond}(recalcule)(h)} \quad (77)$$

L'efficacité de l'échangeur statique reste identique à celle du mode ventilation seule :

$$\epsilon_{recalcule}(h) = (1 - \delta_{bypass}(h)) \cdot \epsilon_t \quad (78)$$

$$\theta_{souf1}(recalcule)(h) = \theta_{an}(h) + \epsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2}(recalcule)(h) - \theta_{an}(h)) \quad (79)$$

$$\theta_{extr3}(recalcule)(h) = \theta_{extr2}(recalcule)(h) - \epsilon_{recalcule}(h) \cdot (\theta_{extr2}(recalcule)(h) - \theta_{an}(h)) \quad (80)$$

Le recyclage d'air est modélisé avec les hypothèses suivantes :

- Le débit volumique recyclé à l'entrée de la centrale de ventilation est fixé à la valeur paramétrée,
- Le débit massique d'air neuf soufflé en amont du mélange est conservé par rapport au calcul en mode ventilation seule du pas de temps.

$$q_{m,sou,cond}(recalcule)(h) = \sum_{g,s} q_{m,sou\_cond}^{g,s}(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_recycle}(h) \times q_{recycleCH,cond} \quad (81)$$

$$\theta_{souf\_melange}(h) = \frac{1}{q_{m,sou,cond}(recalcule)(h)} \left( \sum_{g,s} q_{m,sou\_cond}^{g,s}(h) \times \theta_{souf,1}(recalcule)(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_recycle}(h) \times q_{recycleCH,cond} \times \theta_{air\_recycle}(h) \right) \quad (82)$$

$$\theta_{souf2}(recalcule)(h) = \theta_{souf\_melange}(h) + \frac{pel \times P_{vent\_sou}(recalcule)(h)}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond}(recalcule)(h)} \quad (83)$$

$$\theta_{air\_souffle}(recalcule)(h) = \theta_{souf2}(recalcule)(h) \quad (84)$$



$$\rho_{air\_souffle(recalcule)}(h) = \frac{\rho_{ref} \cdot (273 + \theta_{ref})}{(273 + \theta_{air\_souffle(recalcule)}(h))} \quad (85)$$

$$\omega_{air\_souffle(rec.)}(h) = \frac{1}{q_{m,sou\_cond(recalcule)}(h)} \left( \sum_{g,s} q_{m,sou\_cond}^{g,s}(h) \times \omega_{an}(h) + \frac{\rho_{air\_recycle}(h)}{3600} \times q_{recycleCH\_cond} \times \omega_{i\_moy\_recyclage}(h) \right) \quad (86)$$

Côté air évacué, la température en sortie de centrale peut être impactée par un recyclage d'air extérieur, visant pour les systèmes associés à un générateur thermodynamique air extrait/air neuf, à compenser l'augmentation de débit soufflé :

$$\theta_{air\_extrait(recalcule)}(h) = \frac{q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) \cdot \theta_{extr3(recalcule)}(h) + \frac{\rho_{AN}(h)}{3600} q_{recycleCH,extr} \cdot \theta_{AN}(h)}{q_{m\_air\_extrait(recalcule)}(h)} \quad (87)$$

$$q_{m\_air\_extrait(recalcule)}(h) = q_{m,rep,cond(recalcule)}(h) + \frac{1}{3600} \times \rho_{AN}(h) \times q_{recycleCH,extr} \quad (88)$$

Au niveau des bouches-conduits de soufflage, les données de sortie sont les suivantes :

$$q_{m,sou\_spec}^{g,s}(recalcule)(h) = \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_souffle(recalcule)}(h) \times q_{sou\_mod\ eCH\_spec}^{g,s} \quad (89)$$

$$q_{m,sou\_cond}^{g,s}(recalcule)(h) = \frac{1}{3600} \times \rho_{air\_souffle(recalcule)}(h) \times q_{sou\_mod\ eCH\_cond}^{g,s}$$

$$\theta_{air\_soufflé}(recalcule)(h) = \theta_{air\_souffle(recalcule)}(h) - \left( \theta_{air\_souffle(recalcule)}(h) - T_{Lic}^{g,s}(h) \right) \times \left( 1 - \exp \left( - \frac{H_{cond,souf,ext}^{g,s}}{C_{pa} \times q_{m,sou,cond}^{g,s}(recalcule)}(h)} \right) \right) \quad (90)$$

$$Q_{sys\_ch}^{g,s}(recalcule)(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot MAX \left[ 0; \left( q_{m,sou,spec}^{g,s}(recalcule)(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}(recalcule)(h)) - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}(h)) \right) \right] \quad (91)$$

$$Q_{sys\_fr}^{g,s}(recalcule)(h) = Q_{sys\_fr}^{g,s}(h)$$

$$W_{aiox\_V}^{g,s}(recalcule)(h) = \frac{W_{vent(recalcule)}(h) \times q_{m,sou\_spec}^{g,s}(recalcule)(h)}{\sum_{g,s} q_{m,sou\_spec}^{g,s}(recalcule)(h)} \quad (92)$$

### **Mode refroidissement avec recyclage d'air intérieur/extérieur**

Le modèle est rigoureusement similaire au mode chauffage avec recyclage d'air intérieur/extérieur, à ceci près que le jeu de données employé est celui d'indice « FR ».

Au final :

$$Q_{sys\_fr}^{g,s}(recalcule)(h) = MIN \left[ 0; Q_{sys\_fr}^{g,s}(h) + C_{pa} \cdot \left( q_{m,sou,spec}^{g,s}(recalcule)(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}(recalcule)(h)) - q_{m,sou,spec}^{g,s}(h) \cdot (\theta_{i,moy}^g(h) - \theta_{air\_soufflé}(h)) \right) \right] \quad (93)$$

$$Q_{sys\_ch}^{g,s}(recalcule)(h) = Q_{sys\_ch}^{g,s}(h)$$

La prise en compte de la déshumification est identique au mode refroidissement sans recyclage d'air intérieur/extérieur. Voir le paragraphe associé.

Au final :

$$Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) = Q_{sys\_fr(recalcule)}^{g,s}(h) + Q_{sys\_lat\_fr}^{g,s}(h) \quad (94)$$

**5. Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable : outil de conversion des résultats d'essais selon la norme EN 13141-7 pour utilisation dans le moteur réglementaire**

**5.1 Introduction**

Les résultats d'essais selon la norme EN 13141-7 concernent l'ensemble de la centrale de ventilation DFTh, qui peut inclure un récupérateur passif et/ou du recyclage d'air côté intérieur et extérieur.

Dans ses situations, afin de disposer des matrices de performance pour le générateur thermodynamique de chauffage et/ou de refroidissement pouvant être utilisées dans le calcul réglementaire, il est nécessaire d'isoler les performances de la pompe à chaleur de celle de l'ensemble.

En chauffage, les matrices de performance vers lesquelles aboutissent cette conversion sont celles des PAC de chauffage air extérieur/air recyclé, telles que définies au paragraphe 10.21.3.3.2 de la méthode Th-BCE.

En refroidissement, on conserve les matrices de performance des refroidisseurs air extrait/air neuf, telles que définies au paragraphe 10.21.3.5.3 de la méthode Th-BCE.

Un outil de conversion sous forme de tableur Excel est donc fourni dans le cadre du titre V. Cet outil de conversion réalise les opérations suivantes :

- l'outil calcule d'une part les températures de sources aval et amont de la pompe à chaleur à partir des résultats d'essais. Il déduit également de l'énergie fournie par la pompe à chaleur l'énergie fournie par le récupérateur statique pour chaque point d'essai.
- en utilisant les relations d'extrapolation par défaut de COP, EER et puissance absorbée  $P_{abs}$  prévues dans la méthode Th-BCE, on reconstruit les matrices de performances complètes à partir du ou des résultats d'essai connus. Pour plus de détails sur les coefficients d'extrapolation conventionnels utilisés (notés Cnav et Cnam), se reporter au paragraphe 10.21.3.3.2 de la méthode Th-BCE.

Ces matrices de performance complètes (pour toutes les températures amont et températures aval) peuvent ensuite être reportées dans le calcul réglementaire. Le statut à utiliser dans le calcul réglementaire (certifié ou justifié) est celui des résultats d'essais.

L'ensemble des paramètres demandés dans l'outil de conversion font partie des données mesurées au cours des essais selon les normes EN 13141-7 et EN 14511.

**5.2 Nomenclature**

Paramètres de l'outil					
Nom	Description	Unité	Min	Max	
id_mode	Type de mode chauffage/ en mode refroidissement : 1) Pas de recyclage d'air, 2) Avec recyclage d'air int./ext..	Ent	1	2	-
Id_statut	Statut des résultats d'essais utilisés dans l'outil de conversion (certifiés, justifiés ou déclarés par le fabricant).	Ent	1	3	

qsou qrep	Débits d'air neuf soufflé et repris au niveau de la centrale double flux en mode chauffage/refroidissement	m <sup>3</sup> / h	0	
qrecycle_sou qrecycle_rep	Débits d'air recyclé côté air soufflé et air repris.	m <sup>3</sup> / h	0	
$\varepsilon$	Efficacité de l'échangeur en ventilation seule Indicateur : disponibilité de l'efficacité en mode chauffage/refroidissement dans les résultats d'essais :	-	0	1
id_source	1 : mesurée en mode chauffage/refroidissement, 0 : mesurée seulement en mode ventilation seule.	-	0	1
$\varepsilon_{modeCH/FR}$	Efficacité de l'échangeur en mode chauffage ou refroidissement	-	0	1
Pvent_sou Pvent_rep	Puissances de ventilateurs en mode chauffage/refroidissement	W	0	
COP 20/7 Pabs 20/7	Obligatoire : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DFTh en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur 7°C	- kW	0 0	
COP 20/2 Pabs 20/2	Facultatif : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DFTh en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur 2°C	- kW	0 0	
COP 20/-7 Pabs 20/-7	Facultatif : COP et puissance absorbée à pleine charge par le système DFTh en mode chauffage dans les conditions intérieur 20°C/extérieur -7°C	- kW	0 0	
EER 27/35 Pabs 27/35	Obligatoire : EER et puissance absorbée à pleine charge par le système DFTh en mode refroidissement dans les conditions intérieur 27°C/extérieur 35°C	- kW	0 0	
$\theta_{an\_min}$ (°C)	Température d'air neuf minimale de fonctionnement du système en mode chauffage (si le système est limitée)	°C		

#### Sorties de l'outil

Nom	Description	Unité	Min	Max
COP(i;j) Pabs(i;j)	Matrice des COP et puissances absorbées à pleine charge certifiées ou justifiées en chauffage	0 kW		
EER(i;j) Pabs(i;j)	Matrice des EER et puissances absorbées à pleine charge certifiées ou justifiées en chauffage	0 kW		

$\theta_{\min\_am}$ (°C)	Température amont minimale en-dessous de laquelle le système ne peut pas être utilisé.	°C	
<b>Constantes</b>			
Nom	Description	Unité	Val.
$\theta_{ref}$	Température dans les conditions de référence	°C	20
$\rho_{pref}$	Masse volumique de l'air dans les conditions de référence.	kg/m <sup>3</sup>	1,2
$C_p$	Capacité thermique massique de l'air dans les conditions de référence.	J/(kg.K)	1006
<b>Variables internes</b>			
Nom	Description	Unité	
$\theta_{an}$ $\theta_{rep}$	Températures d'air neuf et d'air repris	°C	
$q_{m\_sou}$ $q_{m\_rep}$	Débits massiques d'air neuf soufflé et repris au niveau de la centrale double flux en mode chauffage/refroidissement	kg/h	
$q_{m\_recycl\_sou}$ $q_{m\_recycl\_rep}$	Débits d'air recyclé côté air soufflé et air repris.	kg/h	
$\theta_{av}$ $\theta_{am}$	Températures de sources aval et amont aux bornes de la pompe à chaleur (air entrant)	°C	
$\epsilon_{eff}$	Efficacité d'échangeur effective retenue dans les calculs.	-	
$P_{foutot}$	Puissance totale fournie par le système DFTh	kW	
$P_{fouech}$	Puissance fournie par l'échangeur seul	kW	
$COP_{sans\_échangeur}$	COP de la pompe à chaleur seule	kW	

### 5.3 Description mathématique

L'utilisation de l'outil en mode chauffage et en mode refroidissement est totalement découplée, ce qui permet de prendre en compte les différences entre les modes. Les paramètres à saisir et la procédure sont globalement les mêmes ( $\epsilon$ , débits, puissances de ventilateurs, puissance absorbée et COP/EER).

Si à la fois l'efficacité  $\epsilon$  et les débits de recyclage ( $Q_{recycl\_souf}$ ,  $Q_{recycl\_rep}$ ) sont nuls ou non-définis, les performances du système n'ont pas à être corrigées (cas d'une pompe à chaleur air extrait/air neuf classique). Dans ce cas de figure, l'outil n'affiche pas les données de sortie, le message d'erreur suivant est affiché : « !\ : Le présent outil n'est pas nécessaire en l'absence d'échangeur ou de débits de recyclage de part et d'autre de la pompe à chaleur. »

### 5.3.1 Mode chauffage

#### 1<sup>ère</sup> étape : calcul des performances de la pompe à chaleur sans l'impact de l'échangeur

Pour  $\theta_{rep} = 20^\circ\text{C}$  et  $\theta_{an} = -15, -7, 2, 7$  et  $20^\circ\text{C}$ , ainsi que pour  $\theta_{an\_min}$ , on calcule l'ensemble des variables intermédiaires suivantes :

#### Cas $id\_mode = 1$ ) Pas de recyclage d'air :

$$qm\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = qrep\_modeCH/FR \times Rho\_ref \times \frac{273 + \theta_{ref}}{273 + \theta_{rep}} \quad (95)$$

$$qm\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = qsou\_modeCH/FR \times Rho\_ref \times \frac{273 + \theta_{ref}}{273 + \theta_{an}}$$

$$qm\_recycle\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = 0 \quad (\text{kg/h}) \quad (96)$$

$$qm\_recycle\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = 0 \quad (\text{kg/h})$$

Pour ce type de système DFTh, l'efficacité est celle prise en compte pour la description des modes chauffage et refroidissement dans la fiche algorithme du présent titre V. L'outil de conversion prend en compte le statut des résultats d'essais de la même manière :

#### - Efficacité disponible en mode CH ou FR ( $id\_source = 1$ ) :

##### o Résultats d'essais certifiés :

$$\varepsilon_{eff} = \varepsilon_{modeCH/FR} \quad (97)$$

##### o Résultats d'essais justifiés :

$$\varepsilon_{eff} = 0,9 \times \varepsilon_{modeCH/FR} \quad (98)$$

##### o Résultats d'essais déclarés :

$$\varepsilon_{eff} = \text{MIN}(0,8 \times \varepsilon_{modeCH/FR}; 0,5) \quad (99)$$

#### - Efficacité non disponible en mode CH ou FR ( $id\_source = 0$ ) : recours à une valeur par défaut

##### o Valeur de $\varepsilon$ certifiée pour la ventilation seule :

$$\varepsilon_{eff} = \varepsilon \times \left( 1 - 0,4 \times \ln \left( \frac{q_{sou\_modeCH/FR}}{q_{sou}} \right) \right) \quad (100)$$

##### o Valeur de $\varepsilon$ justifiée pour la ventilation seule :

$$\varepsilon_{eff} = 0,9 \times \varepsilon \times \left( 1 - 0,4 \times \ln \left( \frac{q_{sou\_modeCH/FR}}{q_{sou}} \right) \right) \quad (101)$$

##### o Valeur de $\varepsilon$ déclarée pour la ventilation seule :

$$\varepsilon_{eff} = \text{MIN}(0,8 \times \varepsilon; 0,5) \times \left( 1 - 0,4 \times \ln \left( \frac{q_{sou\_modeCH/FR}}{q_{sou}} \right) \right) \quad (102)$$

#### Cas $id\_mode = 2$ ) Recyclage d'air intérieur/extérieur :

$$qm\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = qrep \times Rho\_ref \times \frac{273 + \theta_{ref}}{273 + \theta_{rep}} \quad (103)$$

$$qm\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = qsou \times Rho\_ref \times \frac{273 + \theta_{ref}}{273 + \theta_{an}}$$

$$qm\_recycle\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = q_{recycle\_rep} \times Rho\_ref \times \frac{273 + \theta_{ref}}{273 + \theta_{an}} \quad (104)$$

$$qm\_recycle\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = q_{recycle\_sou} \times Rho\_ref \times \frac{273 + \theta_{ref}}{273 + \theta_{rep}}$$

Pour ce type de système DFTh, lorsque l'échangeur n'est pas bypassé, l'efficacité est considérée identique quel que soit le mode. L'outil de conversion prend en compte le statut des résultats d'essais de la même manière que la méthode Th-BCE (paragraphe 8.4.3.5 du chapitre 8.4 C\_Ven\_Mécanique double-flux):

- **Résultats d'essais certifiés :**

$$\varepsilon_{eff} = \varepsilon \quad (105)$$

- **Résultats d'essais justifiés :**

$$\varepsilon_{eff} = 0,9 \times \varepsilon \quad (106)$$

- **Résultats d'essais déclarés :**

$$\varepsilon_{eff} = \text{MIN}(0,8 \times \varepsilon; 0,5) \quad (107)$$

**Températures aval et amont de la pompe à chaleur :**

$$\theta_{av\_Trep/Tan} = \frac{qm\_sou_{Trep/Tan} \times (\theta_{an} + \varepsilon_{eff} \times (\theta_{rep} - \theta_{an})) + qm\_recycle\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times \theta_{rep}}{qm\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm\_recycle\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} + \frac{3600 \times P_{vent\_sou}}{\rho\_ref \times Cp \times (qm\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm\_recycle\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}})} \quad (108)$$

$$\theta_{am\_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} = \frac{qm\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times (\theta_{rep} - \varepsilon_{eff} \times (\theta_{rep} - \theta_{an})) + qm\_recycle\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times \theta_{an}}{qm\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm\_recycle\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} + \frac{3600 \times P_{vent\_rep}}{\rho\_ref \times Cp \times (qm\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}} + qm\_recycle\_rep_{\theta_{rep}/\theta_{an}})}$$

Pour les couples de températures pour lesquels on a mesuré les performances en chauffage au cours des essais ( $\theta_{rep} = 20^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{an} = 7^\circ\text{C}$  et éventuellement  $2^\circ\text{C}$ ,  $-7^\circ\text{C}$ ), on détermine les performances du DFTh hors impact de l'échangeur :

$$P_{foutot_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} = COP_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times P_{abs_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} \quad (109)$$

$$P_{fouech_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} = \frac{1}{1000 \times 3600} \times qm\_sou_{\theta_{rep}/\theta_{an}} \times Cp \times \varepsilon \times (\theta_{rep} - \theta_{an})$$

$$COP\_sans\_echangeur_{\theta_{rep}/\theta_{an}} = \frac{P_{foutot_{\theta_{rep}/\theta_{an}}} - P_{fouech_{\theta_{rep}/\theta_{an}}}}{P_{abs_{\theta_{rep}/\theta_{an}}}} \quad (110)$$

Par ailleurs, la température d'air neuf minimale de fonctionnement du système ramenée à la température amont de la pompe à chaleur est la suivant :

$$\theta_{min\_am} = \theta_{am_{20/\theta_{an\_min}}} \quad (111)$$

**2<sup>ème</sup> étape :** construction de matrices de performances intermédiaires de COP et de  $P_{abs}$

On souhaite dans cette seconde étape construire des matrices de performances complètes aux différentes points de fonctionnement introduits ci-dessus.

La construction de cette matrice s'inspire de la méthode Th-BCE, paragraphe 10.21.3.3.2. On utilise les relations linéaires permettant de connaître le COP et la puissance absorbée en tout point de la matrice (coefficients Cnav\_Cop, Cnam\_Cop, Cnav\_Pabs et Cnam\_Pabs) pour une pompe à chaleur air extérieur/air recyclé.

$$\frac{COP_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{COP_{\theta_{am} / \theta_{av} / 20/7}} = \frac{-0.020 \times \theta_{av} + 0.14}{-0.020 \times \theta_{av} / 20/7 + 0.14} \quad (112)$$

$$\frac{COP_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{COP_{\theta_{am} / \theta_{av} / 20/7}} = \frac{0.026 \times \theta_{am} + 0.76}{0.026 \times \theta_{am} / 20/7 + 0.76}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av} / 20/7}} = \frac{-0.010 \times \theta_{av} + 1.2}{-0.010 \times \theta_{av} / 20/7 + 1.2}$$

$$\frac{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{Pabs_{\theta_{am} / \theta_{av} / 20/7}} = \frac{-0.001 \times \theta_{am} + 0.93}{-0.001 \times \theta_{am} / 20/7 + 0.93} \quad (113)$$

Afin de valoriser les valeurs de COP/Pabs facultatives, la construction des matrices a lieu de la manière suivante :

		θ <sub>rep</sub>	20°C				
			θ <sub>am</sub> 20/-15	θ <sub>am</sub> 20/-7	θ <sub>am</sub> 20/2	θ <sub>am</sub> 20/7	θ <sub>am</sub> 20/20
θ <sub>an</sub>	θ <sub>av</sub> \ θ <sub>am</sub>						
	-15°C	θ <sub>av</sub> 20/-15	←	↑	↑	↑	→
	-7°C	θ <sub>av</sub> 20/-7	←	Facultatif	↑	↑	→
	2°C	θ <sub>av</sub> 20/2	←	←	Facultatif	↑	→
	7°C	θ <sub>av</sub> 20/7	←	←	←	Obligatoire	→
20°C	θ <sub>av</sub> 20/20	←	←	←	←	→	

3<sup>ème</sup> étape : transformation des matrices obtenues vers les matrices définitives attendues par la méthode Th-BCE

A ce stade, on dispose de matrices qui décrivent bien les performances de la pompe à chaleur prise séparément du système DFTh... seulement les entrées de la matrice (θ<sub>av</sub> et θ<sub>am</sub> correspondant aux lignes et colonnes) ne sont pas celles attendues par la description des performances dans la méthode Th-BCE.

Pour cette raison, on utilise l'algorithme de calcul de COP et de Pabs à pleine charge à des températures aval/amont quelconques de la méthode Th-BCE (paragraphe 10.21.3.3.1.1.3) pour remonter aux valeurs souhaitées.

On peut ainsi remplir complètement les matrices d'une PAC air extérieur/air recyclé utilisable dans le moteur de calcul réglementaire.

Pour rappel, ces matrices ont les entrées imposées suivantes :

COP		Priorité	$\theta_{am} (^{\circ}\text{C})$				
			-15.0	-7.0	2.0	7.0	20.0
$\theta_{av} (^{\circ}\text{C})$	5.0	5					
	10.0	4					
	15.0	2					
	20.0	1					
	25.0	3					

Pabs kW		Priorité	$\theta_{am} (^{\circ}\text{C})$				
			-15.0	-7.0	2.0	7.0	20.0
$\theta_{av} (^{\circ}\text{C})$	5.0	5					
	10.0	4					
	15.0	2					
	20.0	1					
	25.0	3					

**Note :** si les données sont de statut « déclaré par le fabricant », seule le point pivot des deux matrices ci-dessus est fourni, conformément au paramétrage de la méthode Th-BCE.

### 5.3.2 Mode refroidissement

1<sup>ère</sup> étape : calcul des performances de la pompe à chaleur sans l'impact de l'échangeur

Pour  $\theta_{rep} = 27^{\circ}\text{C}$  et  $\theta_{an} = 5, 15, 25, 35$  et  $45^{\circ}\text{C}$ , on calcule l'ensemble des variables intermédiaires évoquées au 5.3.1. Les relations sont identiques.

Pour le couple de températures pour lequel on a mesuré les performances en refroidissement au cours des essais ( $\theta_{rep} = 27^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{an} = 35^{\circ}\text{C}$ ), on détermine les performances du DFTh hors impact de l'échangeur :

$$P_{foutot}_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = EER_{\theta_{rep} / \theta_{an}} \times P_{abs}_{\theta_{rep} / \theta_{an}}$$

$$P_{fouech}_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = -\frac{1}{1000 \times 3600} \times qm_{sou}_{\theta_{rep} / \theta_{an}} \times C_p \times \varepsilon_{eff} \times (\theta_{rep} - \theta_{an}) \quad (114)$$

$$EER_{sans\ échangeur}_{\theta_{rep} / \theta_{an}} = \frac{P_{foutot}_{\theta_{rep} / \theta_{an}} - P_{fouech}_{\theta_{rep} / \theta_{an}}}{P_{abs}_{\theta_{rep} / \theta_{an}}} \quad (115)$$

2<sup>ème</sup> étape : construction de matrices de performances intermédiaires de COP et de P<sub>abs</sub>

On souhaite dans cette seconde étape construire des matrices de performances complètes aux différents points de fonctionnement introduits ci-dessus.

La construction de cette matrice s'inspire de la méthode Th-BCE, paragraphe 10.21.3.5.3. On utilise les relations linéaires permettant de connaître le EER et la puissance absorbée en tout point de la matrice (coefficients C<sub>nav\_EER</sub>, C<sub>nam\_EER</sub>, C<sub>nav\_Pabs</sub> et C<sub>nam\_Pabs</sub>) pour une pompe à chaleur air extrait/air neuf.

$$\frac{EER_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{EER_{\theta_{am} / \theta_{av} / 27 / 35}} = \frac{0.012 \times \theta_{av} + 0.62}{0.012 \times \theta_{av} / 20 / 7 + 0.62}$$

$$\frac{EER_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{EER_{\theta_{am} / 27 / 35 / \theta_{av}}} = \frac{-0.018 \times \theta_{am} + 1.5}{-0.018 \times \theta_{am} / 20 / 7 + 1.5} \quad (116)$$

$$\frac{P_{abs}_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{P_{abs}_{\theta_{am} / \theta_{av} / 27 / 35}} = \frac{0.012 \times \theta_{av} + 0.62}{0.012 \times \theta_{av} / 20 / 7 + 0.62}$$

$$\frac{P_{abs}_{\theta_{am} / \theta_{av}}}{P_{abs}_{\theta_{am} / 27 / 35 / \theta_{av}}} = \frac{-0.010 \times \theta_{am} + 1.27}{-0.010 \times \theta_{am} / 20 / 7 + 1.27} \quad (117)$$



La construction des matrices a lieu de la même manière qu'en chauffage :

		27°C				
θ <sub>rep</sub>		θ <sub>am</sub> 27/5	θ <sub>am</sub> 27/15	θ <sub>am</sub> 27/25	θ <sub>am</sub> 27/35	θ <sub>am</sub> 27/45
θ <sub>an</sub>	θ <sub>av</sub> \θ <sub>am</sub>					
5°C	θ <sub>av</sub> 27/5	←	←	←	←	←
15°C	θ <sub>av</sub> 27/15	←	←	←	←	←
25°C	θ <sub>av</sub> 27/25	←	←	←	←	←
35°C	θ <sub>av</sub> 27/35	←	←	←	Obligatoire	←
45°C	θ <sub>av</sub> 27/45	←	←	←	←	←

3<sup>ème</sup> étape : transformation des matrices obtenues vers les matrices définitives attendues par la méthode Th-BCE

La procédure est la même qu'en chauffage.

Pour rappel, les matrices pour un refroidisseur air extrait/air neuf ont les entrées imposées suivantes :

EER			θ <sub>am</sub> (°C)			
			22.0	27.0	32.0	37.0
			Priorité			
			3	1	2	4
θ <sub>av</sub> (°C)	5.0	5				
	15.0	4				
	25.0	2				
	35.0	1				
	45.0	3				

Pabs kW			θ <sub>am</sub> (°C)			
			22.0	27.0	32.0	37.0
			Priorité			
			3	1	2	4
θ <sub>av</sub> (°C)	5.0	5				
	15.0	4				
	25.0	2				
	35.0	1				
	45.0	3				

**Note :** si les données sont de statut « déclaré par le fabricant », seul le point pivot des deux matrices ci-dessus est fourni, conformément au paramétrage de la méthode Th-BCE.