

<b>1. GENERALITES</b> .....	<b>5</b>
1.1 OBJET DU DOCUMENT.....	5
1.2 CALCUL DU COEFFICIENT CEP ET DU COEFFICIENT CEP <sub>REF</sub> .....	5
1.3 PRECISION.....	5
<b>2. DEFINITIONS</b> .....	<b>6</b>
2.1 DEFINITIONS UTILES POUR LA SEGMENTATION DES CALCULS.....	6
2.1.1 <i>Projet</i> .....	6
2.1.2 <i>Bâtiment</i> .....	6
2.1.3 <i>zone</i> .....	6
2.1.4 <i>groupe</i> .....	7
2.1.5 <i>Cas particuliers</i> .....	7
2.2 DONNEES UTILISEES POUR LA SEGMENTATION TEMPORELLE DES CALCULS.....	7
2.2.1 <i>Année</i> .....	7
2.2.2 <i>scenarios de fonctionnement</i> .....	7
<b>3. DONNEES D'ENTREES</b> .....	<b>7</b>
3.1 CARACTERISTIQUES DES PRODUITS.....	7
3.2 VALEURS PAR DEFAUT.....	7
<b>4. ARCHITECTURE DES CALCULS</b> .....	<b>8</b>
<b>5. CLIMAT</b> .....	<b>9</b>
5.1 VALEURS DE REFERENCE AU NIVEAU DE LA MER.....	9
5.2 CORRECTION D'ALTITUDE.....	10
<b>6. LES SCENARIOS CONVENTIONNELS</b> .....	<b>11</b>
6.1 GENERALITES ET TYPE D'USAGES.....	11
6.2 DEFINITION DES SCENARIOS.....	12
6.3 APPORTS INTERNES.....	14
6.4 DEFINITION DE LA PERIODE DE CHAUFFE ET DE REFROIDISSEMENT.....	15
<b>7. CARACTERISATION THERMIQUE DE L'ENVELOPPE</b> .....	<b>16</b>
7.1 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE AU NIVEAU DU BATIMENT.....	16
7.2 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE AU NIVEAU DE LA ZONE.....	16
7.3 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE AU NIVEAU DU GROUPE.....	16
7.4 VALEURS CONVENTIONNELLES.....	16
7.5 PASSAGE DES CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE DU BATIMENT A LA ZONE PUIS AU GROUPE.....	16
7.5.1 <i>caractéristiques des parois opaques de chaque groupe</i> .....	16
7.5.2 <i>caractéristiques de l'inertie de chaque groupe</i> .....	16
<b>8. CALCUL DES DEBITS D'AIR</b> .....	<b>16</b>
8.1 CARACTERISATION DU GROUPE ET REGLE DE SEGMENTATION.....	16
8.2 CALCUL DES DEBITS SPECIFIQUES.....	16
8.2.1 <i>introduction</i> .....	16
8.2.2 <i>Valeurs des débits à reprendre et à fournir Q<sub>vasou<sub>spec</sub></sub></i> et Q <sub>varep<sub>spec</sub>.....</sub>	16
8.2.3 <i>ventilation mécanique</i> .....	16
8.2.4 <i>ventilation naturelle par conduits</i> .....	16
8.2.5 <i>ventilation hybride</i> .....	16
8.2.6 <i>aération par ouverture des fenêtres</i> .....	16
8.3 CALCUL DES DEBIT ECHANGES AU TRAVERS DE L'ENVELOPPE DE LA ZONE ET ENTRE GROUPES.....	16
8.3.1 <i>caractérisation au niveau du bâtiment</i> .....	16
8.3.2 <i>caractérisation au niveau de la zone</i> .....	16
8.3.3 <i>passage du bâtiment à la zone</i> .....	16
8.3.4 <i>calcul des débits d'air à travers l'enveloppe</i> .....	16
8.3.5 <i>Répartition de l'air entrant ou sortant par les parois extérieures pour chaque groupe</i> .....	16
8.3.6 <i>Calcul des débits entre groupes</i> .....	16
<b>9. ECLAIRAGE</b> .....	<b>16</b>
9.1 DOMAINE D'APPLICATION.....	16
9.1.1 <i>Types de bâtiments visés</i> .....	16
9.1.2 <i>Quel éclairage prendre en compte ?</i> .....	16
9.2 CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE POUR L'ECLAIRAGE DU BATIMENT.....	16
9.3 METHODE DE CALCUL EN NON RESIDENTIEL.....	16
9.3.1 <i>Calcul de la consommation pour le groupe</i> .....	16

9.3.2	Calcul de la puissance installée .....	16
9.3.3	valeurs du coefficient C1 .....	16
9.3.4	Calcul du coefficient C34 .....	16
9.4	METHODE DE CALCUL EN RESIDENTIEL .....	16
9.5	CALCUL DES APPORTS RECUPERABLES DUS A L'ECLAIRAGE .....	16
<b>10</b>	<b>BESOINS D'EAU CHAUDE SANITAIRE .....</b>	<b>16</b>
<b>11</b>	<b>COMPORTEMENT THERMIQUE D'UN GROUPE ET COUPLAGE AVEC LE SYSTEME D'EMISSION .....</b>	<b>16</b>
11.1	MODELE THERMIQUE .....	16
11.1.1	Description globale du modèle .....	16
11.1.2	calcul des températures extérieures équivalentes : .....	16
11.1.3	Calcul de la conductance thermique due à la ventilation et de $\theta_{eieq}$ : .....	16
11.1.4	Calcul des autres conductances .....	16
11.1.5	Détermination de la température d'air et de la température opérative : .....	16
11.1.6	Détermination de la déperdition conventionnelle par les parois et le renouvellement d'air .....	16
11.2	CALCULS DES RAYONNEMENTS SOLAIRE ET DE GRANDE LONGUEUR D'ONDE INCIDENTS ET DES FLUX TRANSMIS .....	16
11.2.1	Rayonnement solaire global atteignant une paroi .....	16
11.2.2	prise en compte des masques fixes .....	16
11.2.3	gestion manuelle des protections solaires .....	16
11.2.4	Calcul des flux solaires et de grande longueur d'onde vers la voute céleste transmis au local .....	16
11.3	FLUX TRANSMIS AUX NŒUDS DE TEMPERATURES : .....	16
11.4	COUPLAGE DU GROUPE AVEC LE SYSTEME D'EMISSION .....	16
<b>12</b>	<b>EMISSION DE CHALEUR ET DE FROID .....</b>	<b>16</b>
12.1	VARIATIONS SPATIALE ET TEMPORELLE DE LA TEMPERATURE DE CONSIGNE .....	16
12.1.1	Variations spatiales .....	16
12.1.2	Précision de la régulation terminale (Variations temporelles) .....	16
12.2	PROGRAMMATION .....	16
12.3	CONSOMMATIONS ET APPORTS INTERNES DUS AUX EMETTEURS LOCAUX .....	16
12.4	CALCUL DES DEBITS LOCAUX ET DU BILAN HYDRIQUE .....	16
12.4.1	Présentation .....	16
12.4.2	Principe du calcul pour un émetteur .....	16
12.4.3	Application au calcul sur une heure .....	16
12.5	PERTES AU DOS DES EMETTEURS INTEGRES AUX PAROIS .....	16
12.6	SYSTEMES COMPOSITES ET MULTIPLES .....	16
12.6.1	Emetteurs chauds .....	16
12.6.2	émetteurs froids .....	16
12.7	PRISE EN COMPTE DES LOCAUX SANS EMETTEUR DE REFROIDISSEMENT .....	16
12.7.1	Locaux d'entrés d'air sans système de refroidissement .....	16
12.7.2	Locaux de transfert et d'extraction .....	16
<b>13</b>	<b>DISTRIBUTION HYDRAULIQUE ET DE FLUIDE FRIGORIGENE .....</b>	<b>16</b>
13.1	PERTES ET CONSOMMATIONS DE DISTRIBUTION POUR LES RESEAUX HYDRAULIQUES .....	16
13.1.1	Calcul de la puissance nominale en chaud et froid .....	16
13.1.2	Pertes thermiques des réseaux de distribution .....	16
13.1.3	Pertes de distribution et consommation des auxiliaires au niveau distribution par groupe en fonction de la puissance demandée dans le groupe et pour les intergroupes et interzones .....	16
13.2	DISTRIBUTION DE FLUIDE FRIGORIGENE .....	16
13.3	TRANSFERT DE CHALEUR ENTRE LOCAUX .....	16
13.3.1	Pompes à chaleur sur boucle d'eau .....	16
13.3.2	Les systèmes à débit de réfrigérant variable et les thermofrigopompes .....	16
<b>14</b>	<b>TRAITEMENT ET DISTRIBUTION D'AIR .....</b>	<b>16</b>
14.1	PERTES THERMIQUES POUR LES RESEAUX AERAULIQUES .....	16
14.2	GROUPES D'EXTRACTION .....	16
14.3	CENTRALES A DEBIT SOUFFLE ET EXTRAIT CONSTANT ET CENTRALES DOUBLE FLUX HYGIENIQUE .....	16
14.3.1	Principe de prise en compte .....	16
14.3.2	Calcul de l'impact des composants .....	16
14.4	CENTRALES A DEBIT D'AIR VARIABLE MONO CONDUIT REFROIDISSEMENT SEUL CHAUFFAGE TERMINAL .....	16
14.4.1	Principe de prise en compte .....	16
14.4.2	Calcul de l'impact des composants .....	16
<b>15</b>	<b>PERTES DE DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE .....</b>	<b>16</b>
15.1	PRODUCTION INDIVIDUELLE EN VOLUME HABITABLE CHAUFFE .....	16
15.2	PRODUCTION INDIVIDUELLE HORS VOLUME CHAUFFE .....	16

15.3 PRODUCTION COLLECTIVE RESEAU BOUCLE .....	16
15.4 PRODUCTION COLLECTIVE RESEAU TRACE .....	16
<b>16.PERTES DE STOCKAGE HORS GENERATEURS STOCKEURS .....</b>	<b>16</b>
16.1 CARACTERISATION DES PRODUITS.....	16
16.1.1 <i>Chauffe eau électriques</i> .....	16
16.1.2 <i>autres ballons de production d'eau chaude sanitaire par accumulation (ballons de stockage)</i> .....	16
16.2 PERTES BRUTES .....	16
16.3 PERTES RECUPERABLES.....	16
<b>17.GENERATION DE CHALEUR, DE FROID ET D'ECS.....</b>	<b>16</b>
17.1 STRUCTURE DU CALCUL .....	16
17.2 CHARGE DE LA GENERATION.....	16
17.3 TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT DE LA GENERATION DE CHALEUR PAR GENERATEUR A COMBUSTION.....	16
17.4 CHARGE DE CHAQUE GENERATEUR .....	16
17.5 RACCORDEMENT DES GENERATEURS .....	16
17.6 PERTES DES GENERATEURS .....	16
17.6.1 <i>Générateur à effet Joule</i> .....	16
17.6.2 <i>Accumulateurs GAZ</i> .....	16
17.6.3 <i>Générateur à combustion</i> .....	16
17.6.4 <i>Génération thermodynamique</i> .....	16
17.6.5 <i>Raccordement à un réseau de chaleur</i> .....	16
17.6.6 <i>Raccordement a un réseau de froid</i> .....	16
17.7 REPARTITION DES CONSOMMATIONS PAR USAGES.....	16
<b>18.INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES .....</b>	<b>16</b>
18.1 CHAMP D'APPLICATION .....	16
18.2 STRUCTURE DE CALCUL.....	16
18.3 DEFINITIONS.....	16
18.4 CARACTERISATION DES PRODUITS .....	16
18.4.1 <i>Capteurs solaires</i> .....	16
18.4.2 <i>Chauffe-eau solaires</i> .....	16
18.4.3 <i>Ballons de stockage</i> .....	16
18.4.4 <i>Cas particulier du plancher solaire</i> .....	16
18.5 EXPRESSION DE LA COUVERTURE SOLAIRE .....	16
18.5.1 <i>Formule générale</i> .....	16
18.5.2 <i>cas d'un système combiné (chauffage et ECS)</i> .....	16
18.5.3 <i>Expression des paramètres</i> .....	16
18.6 CALCUL DES PERTES DE TRANSMISSION ENTRE LE BALLON SOLAIRE ET L'APPOINT .....	16
18.6.1 <i>Chauffe-eau solaire individuel</i> .....	16
18.6.2 <i>Installation d'eau chaude solaire collective à appoint centralisé</i> .....	16
18.6.3 <i>Installation d'eau chaude solaire collective à appoints individuels</i> .....	16
18.7 PERTES DE STOCKAGE DE L'APPOINT .....	16
18.7.1 <i>Appoint centralisé (installation collective d'eau chaude sanitaire)</i> .....	16
18.7.2 <i>Appoint individuel (installation d'eau chaude sanitaire)</i> .....	16
18.7.3 <i>Pertes récupérables de l'appoint</i> .....	16
18.8 CONSOMMATION DE L'APPOINT .....	16
18.9 CONSOMMATION DES AUXILIAIRES DE L'INSTALLATION SOLAIRE.....	16
18.10 REFERENCES NORMATIVES .....	16
<b>19.INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUES .....</b>	<b>16</b>
19.1 DOMAINE D'APPLICATION .....	16
19.2 PRINCIPE DE CALCUL.....	16
19.3 METHODE DE CALCUL .....	16
19.3.1 <i>Energie incidente <math>H_i</math></i> .....	16
19.3.2 <i>Puissance crête <math>P_0</math></i> .....	16
19.3.3 <i>Indice de performance <math>R_p</math></i> .....	16
19.3.4 <i>Exemples</i> .....	16
<b>20.COEFFICIENT <math>C_{EP}</math> DU BATIMENT.....</b>	<b>16</b>
<b>21.METHODE TH-E.....</b>	<b>16</b>
21.1 INTRODUCTION.....	16
21.2 METHODE DE CALCUL .....	16
21.2.1 <i>Calcul sur la journée chaude de référence</i> .....	16
21.2.2 <i>Correction pour l'effet séquentiel</i> .....	16
21.2.3 <i>Calcul de <math>T_{ic}</math></i> .....	16

21.3	DONNEES CLIMATIQUES.....	16
21.3.1	<i>Température et hygrométrie.....</i>	16
21.3.2	<i>Rayonnement solaire et rayonnement froid vers la voûte céleste.....</i>	16
21.3.3	<i>Vitesse du vent.....</i>	16
21.4	APPORTS INTERNES.....	16
21.5	CALCUL DES DEBITS DE RENOUVELLEMENT D’AIR.....	16
21.5.1	<i>Approche générale.....</i>	16
21.5.2	<i>Calcul du débit d’air dû à l’ouverture des fenêtres et des ouvrants spécifiques.....</i>	16
21.5.3	<i>calcul de la surface libre en ouverture manuelle.....</i>	16
21.5.4	<i>Calcul du débit d’air dû à l’ouverture d’ouvrants spécifiques en inoccupation pour les groupes à usage autre que d’habitation et n’assurant pas l’hébergement.....</i>	16
21.5.5	<i>Surventilation pour le confort d’été.....</i>	16
21.6	APPORTS SOLAIRES PAR LES BAIES.....	16
21.7	CONVENTIONS DE CALCUL ET VALEURS PAR DEFAUT.....	16
21.7.1	<i>Références réglementaires et normatives à utiliser.....</i>	16
21.7.2	<i>Caractérisation du site.....</i>	16
21.7.3	<i>Caractérisation du groupe.....</i>	16
	<b>ANNEXE A CALCUL DES PUISSANCES MOYENNES DE VENTILATEURS.....</b>	<b>16</b>
A.1	SYSTEMES A DEBIT D’AIR CONSTANT.....	16
A.2	SYSTEMES A DEBIT VARIABLE.....	16
<b>A.2.1</b>	<b>BATIMENTS AUTRES QUE D’HABITATION.....</b>	<b>16</b>
<b>A.2.2</b>	<b>BATIMENTS D’HABITATION COLLECTIFS.....</b>	<b>16</b>
<b>A.2.3</b>	<b>MAISONS INDIVIDUELLES.....</b>	<b>16</b>
	<b>ANNEXE B CALCUL DES SYSTEMES D’EMISSION COMPOSITE.....</b>	<b>16</b>
B.1	GENERALITES.....	16
B.2	SYSTEME BASE PLUS APPOINT.....	16
B.3	COMPLEMENT PAR TEMPS FROID.....	16
B.4	SYSTEME ALTERNE.....	16
B.5	VALEURS PAR DEFAUT.....	16

## 1. GENERALITES

### 1.1 OBJET DU DOCUMENT

La méthode de calcul Th-CE 2005 a pour objet le calcul réglementaire des consommations d'énergie,  $C_{ep}$ , en chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire et éclairage des bâtiments ainsi que le calcul réglementaire de la température intérieure conventionnelle,  $T_{ic}$ , atteinte en été dans un bâtiment. Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues notamment pour les apports, les températures de consigne et les horaires d'occupation.

Les chapitres 1 à 20 constituent la méthode Th-C pour le calcul de la consommation d'énergie et le chapitre 21 la méthode Th-E pour le calcul de la température atteinte en été.

### 1.2 CALCUL DU COEFFICIENT $C_{ep}$ ET DU COEFFICIENT $C_{ep_{REF}}$

Le coefficient  $C_{ep}$  est calculé en appliquant la présente méthode de calcul en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques réelles du bâtiment et de ses équipements ou les valeurs par défaut qu'elle fournit.

Le coefficient  $C_{ep_{ref}}$  est calculé en appliquant la méthode de calcul en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques de référence du bâtiment et de ses équipements.

Le principe de la prise en compte des systèmes est le suivant :

- les émetteurs locaux sont traités au pas horaire, la consommation des auxiliaires est calculée,
- ensuite, la distribution d'eau chaude, d'eau froide, d'air et de fluide frigorigène détermine l'énergie requise au niveau de la production en intégrant les pompes et les pertes des réseaux, les consommations électriques des auxiliaires sont calculées,
- la génération d'eau chaude, d'eau froide et de fluide frigorigène calcule les consommations d'énergie.

### 1.3 PRECISION

La méthode n'est pas conçue pour être appliquée manuellement. Lors de son informatisation les résultats de calcul, intermédiaires ou finaux, devront être fournis avec trois chiffres significatifs.

## 2. DEFINITIONS

### 2.1 DEFINITIONS UTILES POUR LA SEGMENTATION DES CALCULS

#### 2.1.1 PROJET

Ensemble de bâtiments et d'équipements techniques sur lequel portent les calculs réglementaires. Le projet comporte :

- l'ensemble des bâtiments qui font l'objet du permis de construire,
- le système utilisé pour la génération de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire,
- l'ensemble des réseaux de distribution reliant ce système aux bâtiments.

Le climat est caractérisé au niveau du projet.

#### 2.1.2 BATIMENT

Les résultats du calcul de  $C_{ep}$  et de  $C_{epref}$  sont présentés par bâtiment. Ils sont exprimés en kWh e.p./m<sup>2</sup>/an. C'est au niveau de chaque bâtiment que doit être respectée la réglementation thermique.

On décrit la perméabilité de l'enveloppe, les parois opaques et vitrées en terme de coefficient U, les surfaces des parois déperditives (total et hors plancher bas).

La surface utilisée pour le calcul de  $C_{ep}$  est la surface hors œuvre nette (SHON).

#### 2.1.3 ZONE

Le niveau zone permet de décrire l'usage du bâtiment.

Il permet de différencier des parties de bâtiment destinées à des activités différentes (logement, enseignement, sport...) et ayant donc des horaires et des consignes normales différents.

L'ensemble des parties d'un bâtiment ayant le même type d'usage est regroupé en une seule zone sauf pour le cas des logements collectifs s'il présente des caractéristiques différentes du point de vue de l'aspect traversant ou non traversant pour l'été.

On effectue les calculs de perméabilité par zone et on considère que les zones sont étanches entre elles.

#### **2.1.4 GROUPE**

Le groupe est le niveau où l'on effectue la majorité des calculs. A ce niveau :

- on décrit la surface utile et l'inertie,
- on décrit les baies,
- on effectue le calcul des besoins (chaud, froid, ECS, éclairage),
- on définit les systèmes pour le calcul des consommations.

Dans le cas général, on considère un groupe par type de catégorie CE1 et CE2 au sens de l'arrêté dans une zone.

Une séparation supplémentaire en groupes n'est autorisée que si le système de chauffage / refroidissement permet de valoriser les transferts de chaleur entre différentes parties de la zone.

#### **2.1.5 CAS PARTICULIERS**

Lorsqu'un groupe ou une zone a une surface inférieure à 150 m<sup>2</sup> et que cette surface est inférieure à 10 % de celle d'un autre groupe de la même zone ou d'une autre zone du même bâtiment on peut considérer que ses caractéristiques sont identiques à celles de la zone ou du groupe le plus grand.

### **2.2 DONNEES UTILISEES POUR LA SEGMENTATION TEMPORELLE DES CALCULS**

#### **2.2.1 ANNEE**

Les calculs sont menés pour une année civile allant du lundi 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre et non bissextile.

#### **2.2.2 SCENARIOS DE FONCTIONNEMENT**

La méthode de calcul est une méthode au pas horaire.

Des scénarios d'occupation sont définis sur une base hebdomadaire avec pour les zones à usage d'enseignement une prise en compte des périodes de vacances.

Ces scénarios sont utilisés comme base pour la description du fonctionnement des différents usages : chauffage, refroidissement, éclairage, ventilation, ECS.

### **3. DONNEES D'ENTREES**

#### **3.1 CARACTERISTIQUES DES PRODUITS**

En ce qui concerne les caractéristiques des produits d'enveloppe, les valeurs à adopter sont définies dans les règles Th-bât.

#### **3.2 VALEURS PAR DEFAUT**

Toute valeur utilisée comme donnée d'entrée du calcul doit pouvoir être justifiée.

Cependant pour simplifier l'application des règles on fournit pour un certain nombre de données d'entrées des valeurs par défaut qui peuvent être utilisées sans qu'il soit alors besoin de les justifier. Ces valeurs par défaut sont pénalisantes par rapport aux valeurs courantes.

#### 4. ARCHITECTURE DES CALCULS

La Figure 1 présente l'architecture générale des calculs de la méthode Th-C.

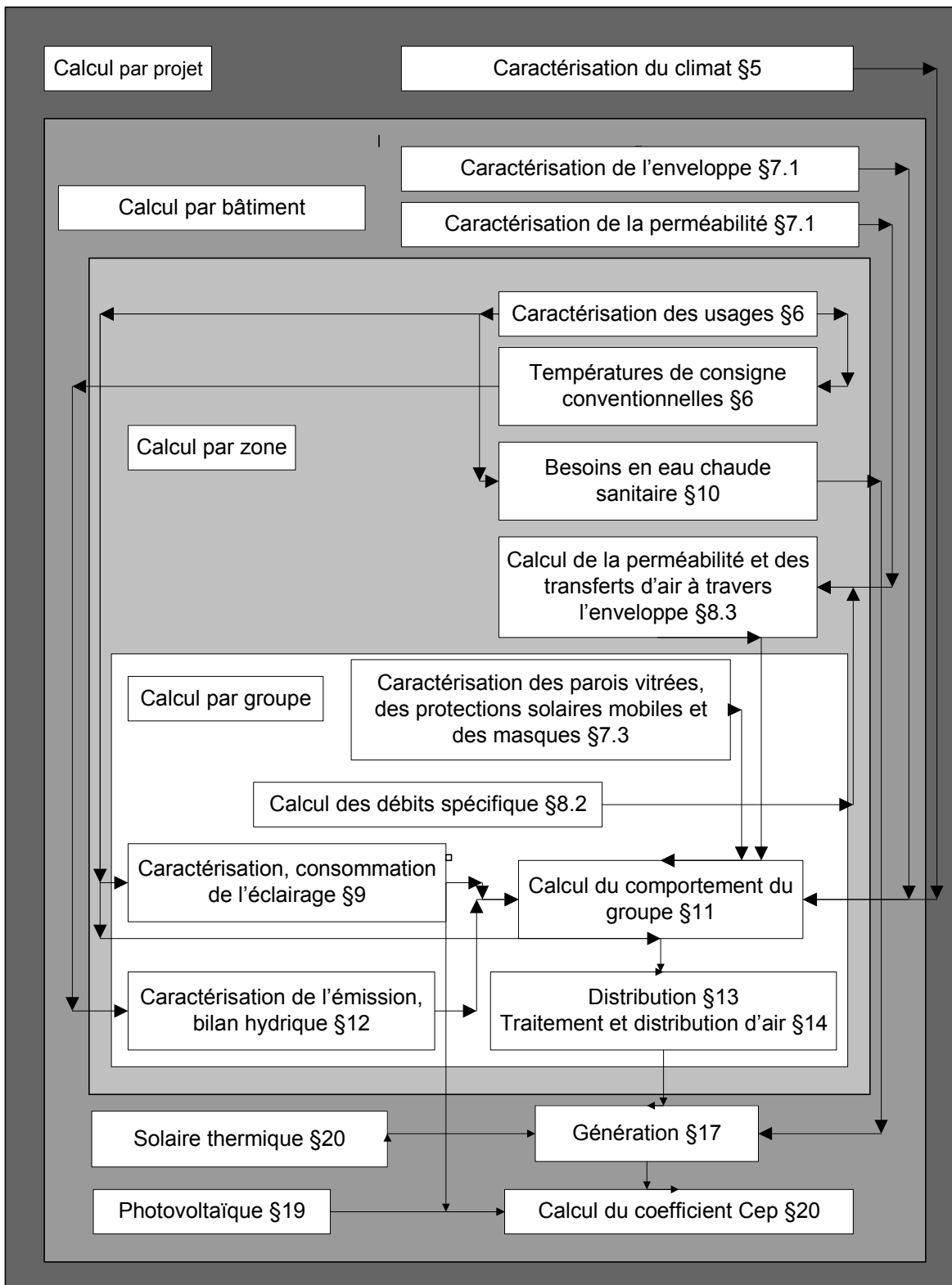


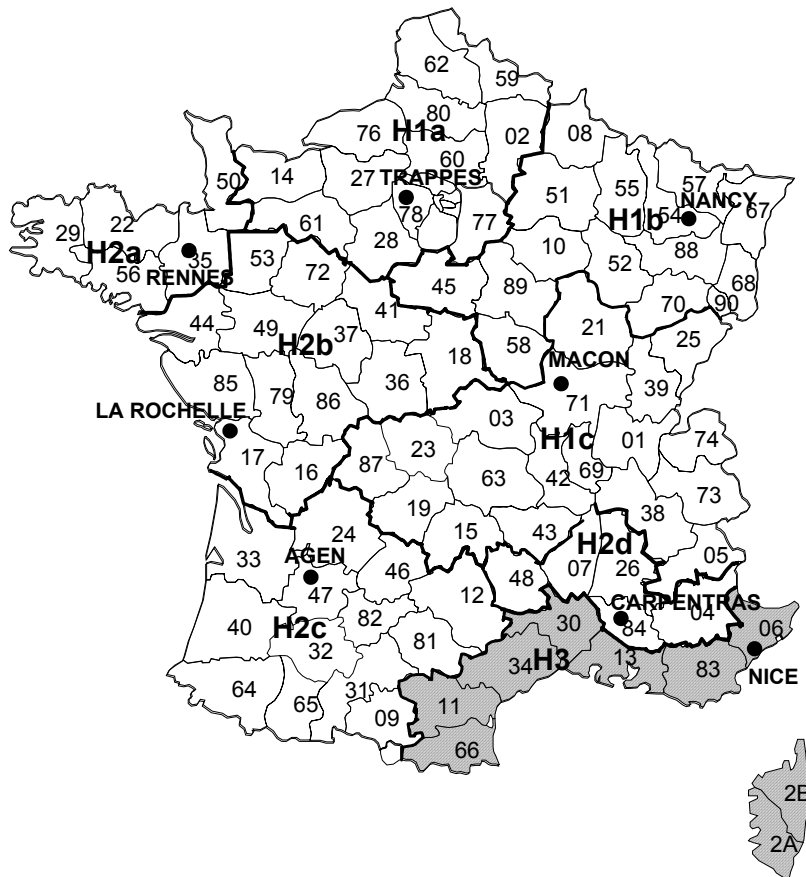
Figure 1 : Architecture des calculs pour un bâtiment



## 5. CLIMAT

### 5.1 VALEURS DE REFERENCE AU NIVEAU DE LA MER

On distingue huit zones climatiques: H1a, H1b, H1c, H2a, H2b, H2c, H2d, H3



**Figure 2 : Zones climatiques**

Les températures extérieures conventionnelles de base,  $\theta_{eb}$ , exprimées en °C sont données dans le Tableau 1.

Zone Climatique	Température extérieure conventionnelle de base, $\theta_{eb}$ (°C)
H1a, H1b, H1c	-9
H2a, H2b, H2c, H2d	-6
H3	-3

**Tableau 1 : Températures conventionnelles de base en période de chauffage**

Les données climatiques sont en heure solaire et les données relatives à l'occupation sont en temps légal. Le temps légal est le temps en usage en France, il est égal au temps solaire avec une heure de plus en hiver et deux heures de plus en été. La méthode gère le passage de l'un à l'autre.

Pour chaque zone climatique, les données sont constituées d'une année météorologique complète sur une base horaire. Les données sont les suivantes :

$I_{Dn}$	Rayonnement direct normal exprimé en $W/m^2$
$I_{df}$	Rayonnement diffus horizontal exprimé en $W/m^2$
$\theta_{ei}$	Température extérieure exprimée en $^{\circ}C$
$T_{eiciel}$	Température du ciel exprimée en $^{\circ}C$
$w_{ei}$	Humidité spécifique de l'air exprimée en $kg/kg_{gas}$
$V_e$	Vitesse du vent exprimée en $ms^{-1}$
$\theta_{cw}$	Température d'eau froide exprimée en $^{\circ}C$

Les fichiers contenant les données météorologiques annuelles de référence au pas horaire sont disponibles au CSTB sous l'intitulé "données météorologiques de référence Th-CE 2005".

## 5.2 CORRECTION D'ALTITUDE

Pour l'ensemble des zones, les valeurs de référence correspondent au niveau de la mer (altitude 0). La prise en compte de l'altitude,  $z$ , sera effectuée par une diminution de la température extérieure,  $\theta_{ei}$ , égale à :

altitude	Correction
Inférieure ou égale à 400 m	0 $^{\circ}C$
Supérieure à 400m et inférieure ou égale à 800 m	-2 $^{\circ}C$
Supérieure à 800 m	-4 $^{\circ}C$

**Tableau 2 : correction de température**

La correction d'humidité,  $w_m$ , est de -1g/kg d'air sec pour les altitudes supérieures à 400 m.

Les corrections d'altitude s'appliquent également au Tableau 1.

## 6. LES SCENARIOS CONVENTIONNELS

### 6.1 GENERALITES ET TYPE D'USAGES

Un bâtiment est découpé en zones ayant des usages différents. Chaque usage définit un scénario de chauffage et un scénario de refroidissement, caractérisés par des températures de consigne et des horaires de maintien en température conventionnels.

Le Tableau 3 indique les différents types de zones.

Pour certains types de zones la méthode de calcul néglige les consommations d'énergie pour l'eau chaude sanitaire. Le Tableau 36 indique les types de zones pour lesquelles ces consommations sont négligées ou ne sont pas calculées.

<b>Types d'usage</b>
Établissements sanitaires avec hébergement
Logements (bâtiments d'habitation)
Hôtellerie et autres hébergements
Locaux où il n'est pas possible pour des raisons de conservation des objets entreposés de laisser dériver sensiblement la température
Établissement sanitaire sans hébergement
Enseignement
Bureaux
Salles de spectacle, de conférence
Commerces
Restauration plusieurs repas par jour
Locaux non compris dans une autre catégorie
Établissements sportifs
Stockage
Industrie
Transport
Restauration un repas par jour

**Tableau 3 : Types de zones**

On définit une zone différente pour chacun des types d'usage représentés dans le bâtiment.

Le Tableau 4 indique le type d'horaire de maintien en température et le niveau de température de consigne conventionnelle.

<b>Types d'usages</b>	<b>Horaires d'occupation</b>	<b>Niveau de température</b>
Établissements sanitaires avec hébergement	Longs	Élevé
Logement Hôtellerie et autres hébergements Locaux où il n'est pas possible pour des raisons de conservation des objets entreposés de laisser dériver sensiblement la température	Longs	Moyen
Établissements sanitaires sans hébergement	Moyens	Élevé
Enseignement Bureau Salles de spectacles, de conférences Commerces Restauration plusieurs repas par jour Locaux non compris dans une autre catégorie	Moyens	Moyen
Établissement sportif Stockage Industrie Transport	Moyens	Réduit
Restauration un repas par jour	Courts	Moyen

**Tableau 4 : Horaires de maintien en température et niveaux de température**

## 6.2 DEFINITION DES SCENARIOS

Conventionnellement, les scénarios d'occupation, de consignes de température, de ventilation et d'utilisation possible de l'éclairage correspondant aux catégories définies au paragraphe précédent sont les suivantes :

<b>Horaires d'occupation</b>	<b>Heures par jour</b>	<b>Jours par semaine</b>
Longs	16 (de 0h à 10h et de 18h à 24h)	5 (lundi au vendredi)
	24h	Samedi et dimanche
Moyens	10 (8h à 18 h)	5 (lundi au vendredi)
Courts	5 (9h à 14 h)	5 (lundi au vendredi)

**Tableau 5 : scénarios d'occupation**

Niveau de température	Occupation	Réduction de chauffage de moins de 48h	Réduction de chauffage de plus de 48h
Élevé	21°C	18°C	7°C
Moyen	19°C	16°C	7°C
Réduit	15°C	7°C	7°C

Tableau 6 : Températures de consigne conventionnelles en chauffage

Occupation en logements	Occupation autres cas	Réduction de refroidissement de moins de 48h	Réduction de refroidissement de plus de 48 h
28°C	26 °C	30°C	30 °C

Tableau 7 : Températures de consigne conventionnelles en refroidissement

Les vacances sont prises en compte uniquement pour les zones d'enseignement ainsi que pour les zones d'hébergement et de restauration qui leur sont associées. On considère que pendant ces périodes les températures de consigne sont les mêmes que pendant les week-end.

On considère les périodes de vacances suivantes :

Mois	Nombre de jours de vacances $n_{j,vac}$
Février	15
Avril	15
Juillet	31
Août	31
Novembre	8
Décembre	15

Tableau 8 : Périodes de vacances pour l'usage enseignement

Horaires d'occupation	Heures par jour	Jours par semaine
Longs	permanent	7
Moyens	10 (8h à 18h)	5 (lundi au vendredi)
Moyens cuisines	4 (11h à 13h et 18h à 20h)	5 (lundi au vendredi)
Courts	5 (9h à 14h)	5 (lundi au vendredi)

Tableau 9 : scénarios d'utilisation de la ventilation

Horaire d'occupation	Heures par jour	Jours par semaine
Longs	5 (de 7 à 9h et de 19h à 22h)	lundi au vendredi
	15 (de 7h à 22h)	Samedi et dimanche
Moyens	10 (8h à 18 h)	5 (lundi au vendredi)
Courts	5 (9h à 14 h)	5 (lundi au vendredi)

Tableau 10 : scénarios d'utilisation de l'éclairage artificiel

### 6.3 APPORTS INTERNES

Conventionnellement, les apports de chaleur et d'humidité uniformément répartis en période d'occupation sont les suivants :

Types d'usages	Horaires de maintien en température	W/m <sup>2</sup> en occupation	kg/h/m <sup>2</sup> en occupation
Établissements sanitaires avec hébergement	Longs	5	0,006
Logement	Longs	5	0,002
Hôtellerie et autres hébergements	Longs	3	0,004
Locaux où il n'est pas possible pour des raisons de conservation des objets entreposés de laisser dériver sensiblement la température	Longs	3	0,004
Établissements sanitaires sans hébergement	Moyens	7	0,004
Enseignement	Moyens	7	0,004
Bureau	Moyens	14	0,006
Salles de spectacles et conférences	Courts	28	0,012
Commerces	Moyens	14	0,006
Restauration plusieurs repas par jour	Moyens	14	0,006
Locaux non compris dans une autre catégorie	Moyens	7	0,004
Établissements sportifs	Moyens	2	0,002
Stockage	Moyens	2	0,002
Industrie	Moyens	2	0,002
Transport	Moyens	2	0,002
Restauration un repas par jour	Courts	14	0,006

Hypothèse : la production de vapeur d'eau en cuisines, WC et salles de bains n'intervient pas dans le bilan hydrique car l'extraction est considérée comme directe.

**Tableau 11 : Valeurs correspondant aux différents usages des zones**

La répartition des apports internes sensibles sous forme convective et radiative est la suivante.

Forme convective	Forme radiative
50	50

**Tableau 12 : Répartition des apports sensibles**

## 6.4 DEFINITION DE LA PERIODE DE CHAUFFE ET DE REFROIDISSEMENT

### Définition de la période de chauffe et de refroidissement

La définition de la saison de chauffe et de refroidissement s'effectue au niveau du bâtiment par évaluation des besoins de chaud et de froid de chaque groupe.

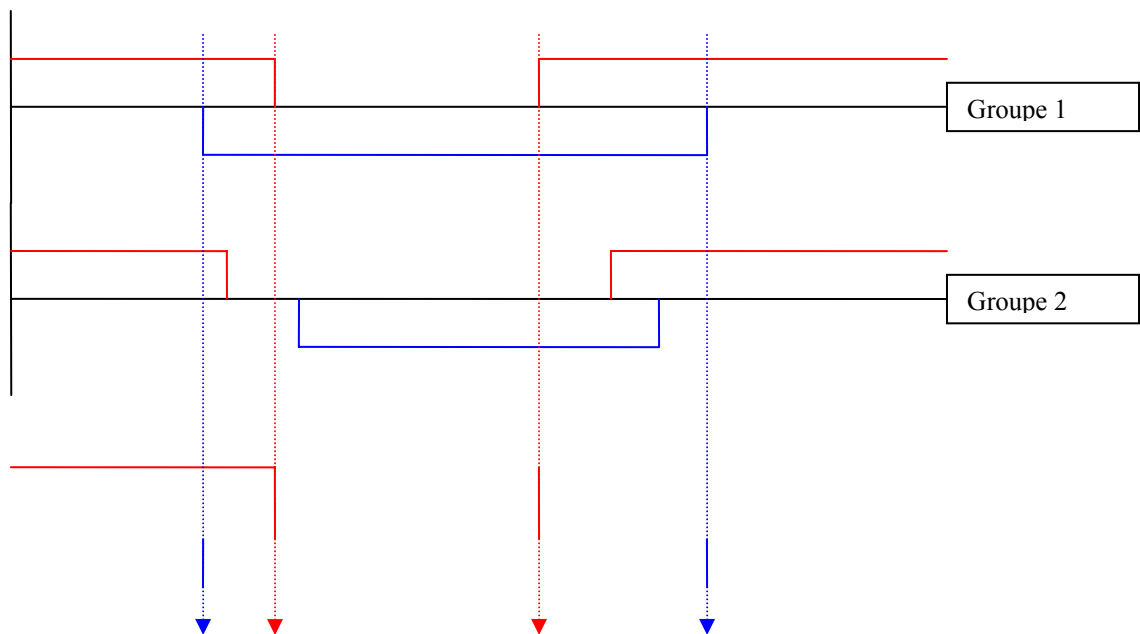
Le calcul au niveau de chaque groupe est basé sur la comparaison de la moyenne glissante sur 4 semaines des besoins de chaud et de froid avec une valeur limite de  $1 \text{ W/m}^2$ .

Au 1<sup>er</sup> Janvier, on considère de manière conventionnelle que le groupe est en période de chauffage et en période de non refroidissement.

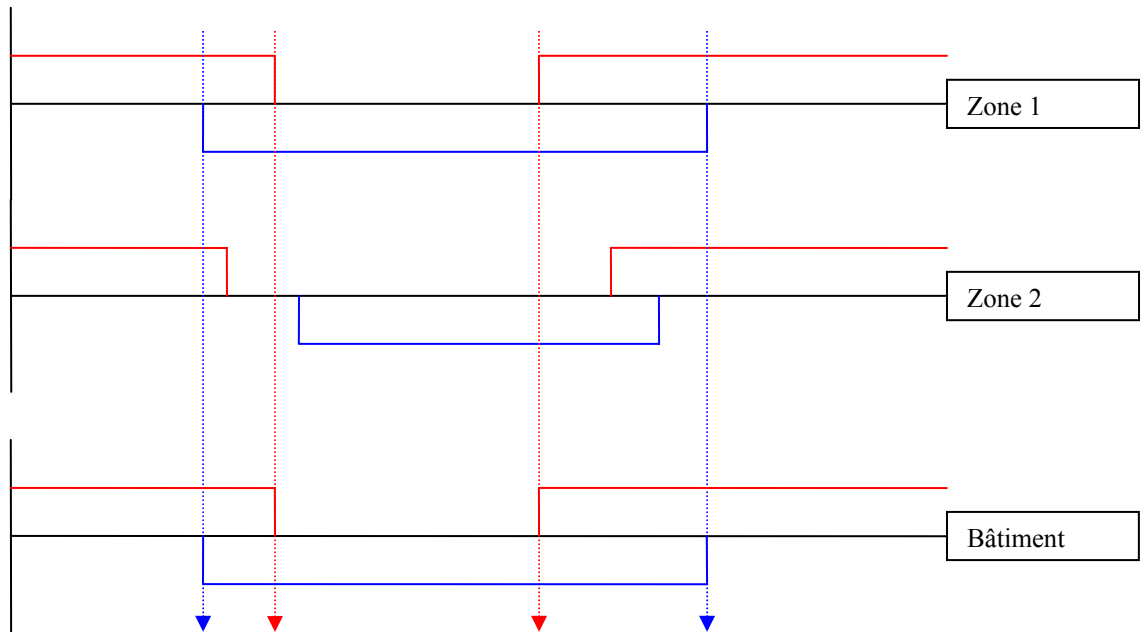
La période de chauffe s'arrête quand la moyenne glissante des besoins de chaud devient inférieure à valeur limite et redémarre quand elle devient supérieure.

La période de froid démarre quand la moyenne glissante des besoins de froid devient supérieure à valeur limite et s'arrête quand elle devient inférieure.

La démarche s'applique par groupe pour déterminer les périodes de chauffe et de refroidissement par zone :



La même procédure est appliquée pour toutes les zones afin d'obtenir une période de chauffe et une période de refroidissement pour chaque bâtiment. Si un local technique dessert plusieurs bâtiments, on reprend la même procédure.



#### cas particulier des centrales de traitement d'air avec préchauffage d'air neuf

On procède comme suit :

On calcule la valeur de la température moyenne sur les 4 dernières semaines de la température extérieure.

La saison de chauffe définie précédemment est prolongée si besoin est jusqu'à l'heure pour laquelle cette température moyenne devient égale à 15 °C.

La reprise de la saison de chauffe est sans changement.

Hors saison de chauffe, le préchauffage d'air neuf est arrêté.

#### **Remarque :**

Dans le cas où un groupe est en demande de chauffe et que la période de chauffe ne permet pas de satisfaire ses besoins, on ne procède pas à un recalcul de la température de ce groupe, en effet dans un calcul de consommation, on néglige l'impact en évolution naturelle sur les besoins durant ces heures bien que ces besoins soient dépendants de la température de la masse de ce groupe.



## 7. CARACTERISATION THERMIQUE DE L'ENVELOPPE

Le bâtiment est séparé en zones ayant des usages différents, elles-mêmes découpées en groupes. Une fois opérée cette segmentation, l'enveloppe du bâtiment est caractérisée. Afin de limiter le nombre de paramètres à renseigner et de conserver une approche physique du bâtiment les caractéristiques de l'enveloppe ne sont pas toutes relatives au même niveau de segmentation. A chaque partie du bâtiment correspond les entrées suivantes :

### 7.1 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE AU NIVEAU DU BATIMENT

L'enveloppe du bâtiment est caractérisée par :

- la surface de ses parois déperditives  $A_T$ .
- le coefficient de déperdition spécifique par transmission du bâtiment  $U_{bât}$  dont le mode de calcul est donné dans les règles Th-bât dans leur partie Th-U. Les déperditions du bâtiment sont définies par le coefficient  $H_T$  égal au produit de  $U_{bât}$  par  $A_t$ .
- le coefficient moyen de déperdition par transmission des parois vitrées  $U_{baies}$ . Il est égal à la moyenne des  $U$  des baies pondérée par leur surface. Le calcul du  $U$  d'une baie est défini dans les règles Th-bât dans leur partie Th-U fascicule 3/5.
- L'inertie thermique du bâtiment définie par sa classe d'inertie déterminée selon la méthode décrite dans les règles Th-bât dans leur partie inertie (Th-I).
- La surface de parois opaques horizontales au sens de l'arrêté.
- Les facteurs solaires de la toiture pour le calcul de  $C$ ,  $S_{optc}$  et le calcul de  $T_{ic}$   $S_{opte}$ .
- Les facteurs solaires des parois verticales opaques pour le calcul de  $C$   $S_{opvc}$  et le calcul de  $T_{ic}$   $S_{opve}$ .
- La perméabilité à l'air de l'enveloppe.

### 7.2 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE AU NIVEAU DE LA ZONE

L'enveloppe ne nécessite pas d'être caractérisée au niveau de la zone. Si la nécessité de découper la zone en plusieurs groupes ne se justifie pas alors la zone et le groupe seront confondus.

### 7.3 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE AU NIVEAU DU GROUPE

- La présence ou l'absence de parois déperditives,

Ceci se traduit par un coefficient  $I_{pext\_GR}$  qui prend les valeurs 1 ou 0 suivant respectivement la présence ou l'absence de parois donnant sur l'extérieur excepté les planchers bas. On appelle groupe externe un groupe avec parois externes déperditives, groupe interne sinon.

- Sa surface utile  $A_{gr}$ . Cette surface est prise égale à la surface habitable pour les logements et à la SHON pour les autres bâtiments.

La surface utile d'une zone  $A_z$  est la somme des surfaces utiles des groupes de la zone. La surface utile d'un bâtiment  $A_{bat}$  est la somme des surfaces utiles des zones du bâtiment

- Les surfaces des baies pour les cinq orientations : est, ouest, sud, nord et horizontale. Les orientations nord, sud, est et ouest correspondent aux secteurs situés de part et d'autre de ces orientations dans un angle de 45 degrés. Pour l'inclinaison, les fenêtres sont considérées horizontales lorsque l'angle par rapport à l'horizontale est compris entre 0 et 30 degrés inclus.
- Le facteur solaire des baies sans protection solaire mobile,  $S_{w\_sp\_baie}$ , dont le mode de calcul est donné dans les règles Th-bât dans la partie Th-S (valeur d'hiver).

- le facteur de transmission lumineuse des baies sans protection solaire mobile,  $T_{I1\_baie}$ , §9.3.4.2.
- Le facteur solaire des baies avec protection solaire mobile en place,  $S_{w\_ap\_baie}$ , dont le mode de calcul est donné dans les règles Th-bât dans la partie Th-S (valeur d'été). Le taux de transmission lumineuse,  $T_{I2\_baie}$ , protection solaire mobile en place.

Par défaut  $S_{w\_sp\_baie\_hiver} = S_{w\_sp\_baie\_été} - 0,1$  pour  $S_{w\_sp\_baie\_été} \geq 21.6$

orientation	Surface des baies	Facteur solaire	Taux de transmission lumineux
Sud	$A = \sum_{orientation} A_{baie}$	$S_{w\_sp} = \frac{\sum_{orientation} (A_{baie} \cdot S_{w\_sp\_baie})}{\sum_{orientation} A_{baie}}$	$T_{I1} = \frac{\sum_{orientation} (A_{baie} \cdot T_{I1\_baie})}{\sum_{orientation} A_{baie}}$
Est			
Ouest			
Nord			
Horizontale			

**Tableau 13 : caractéristiques des baies sans protection solaire mobile regroupées par orientation et par masque proche**

orientation	Surface des baies	Facteur solaire	Taux de transmission lumineux
Sud	$A = \sum_{orientation} A_{baie}$	$S_{w\_ap} = \frac{\sum_{orientation} (A_{baie} \cdot S_{w\_ap\_baie})}{\sum_{orientation} A_{baie}}$	$T_{I2} = \frac{\sum_{orientation} (A_{baie} \cdot T_{I2\_baie})}{\sum_{orientation} A_{baie}}$
Est			
Ouest			
Nord			
Horizontale			

**Tableau 14 : caractéristique des baies avec protections solaires mobiles regroupées par orientation et par masque proche**

Si toutes les baies d'une même orientation n'ont pas de protection solaires mobiles, alors les valeurs afférentes de  $S_{w\_ap\_baie}$  et  $T_{I2\_baie}$  prennent les valeurs de  $S_{w\_sp\_baie}$  et  $T_{I1\_baie}$ .

Les baies protégées par un masque proche identique peuvent être regroupées. Par défaut, on considère qu'il n'y a pas de masques proches.

La nécessité de distinguer différents groupes de baies de même orientation ne se justifie que lorsque l'on souhaite valoriser la présence de masques proches horizontaux.

Les masques lointains affectant une paroi vitrée sont évalués selon le paragraphe 11.2.2.3. Le point de référence est le centre de la baie considérée. Les masques pris en compte sont les masques existants et futurs ainsi définis :

- les masques existants sont constitués par tous les obstacles au rayonnement solaire existants à la date de calcul du projet, à l'exception de ceux situés à l'intérieur de la parcelle d'implantation du bâtiment et explicitement condamnés du fait de la réalisation du projet.
- les masques futurs sont constitués par tous les obstacles au rayonnement solaire, créés par le projet lui-même et susceptibles d'intervenir ultérieurement et de modifier les performances thermiques du groupe étudié.
- les masques dus à la présence de végétaux peuvent être pris en compte suivant les indications fournies par la fiche paysagère du permis de construire.

## 7.4 VALEURS CONVENTIONNELLES

Paramètres	Valeur	Niveau d'application
Inclinaison des parois opaques et vitrées.	Conventionnellement elles sont considérées horizontales lorsque l'angle par rapport à l'horizontale est compris entre 0 et 30 degrés inclus sinon elles sont considérées verticales	Bâtiment et groupe
Orientation des parois vitrées	Conventionnellement les orientations nord, sud, est et ouest correspondent aux secteurs situés de part et d'autre de ces orientations dans un angle de 45 degrés	Groupe

Tableau 15 : valeurs conventionnelles

## 7.5 PASSAGE DES CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE DU BATIMENT A LA ZONE PUIS AU GROUPE.

### 7.5.1 CARACTERISTIQUES DES PAROIS OPAQUES DE CHAQUE GROUPE

Le principe général est de répartir les transmissions thermiques par les parois extérieures opaques au prorata des surfaces utiles des groupes externes.

Les surfaces utiles des groupes externes relatifs à une zone sont additionnées pour connaître la surface totale utile des groupes externe de la zone :

$$A_{Ze} = \sum I_{pext\_gr} A_{gr} \quad (\text{Eq 1})$$

Puis, les surfaces utiles des groupes externes des zones relatives à un bâtiment sont additionnées pour obtenir la surface utile externe du bâtiment :

$$A_{b\grave{a}te} = \sum A_{Ze} \quad (\text{Eq 2})$$

On en déduit la part de la surface utile externe du bâtiment affectée à chaque zone :

$$p_{-} A_z = \frac{A_{Ze}}{A_{b\grave{a}te}} \quad (\text{Eq 3})$$

On en déduit la part de la surface utile externe du bâtiment affectée à chaque groupe :

$$p_{-} A_{gr} = \frac{I_{pext\_gr} \cdot A_{gr}}{A_{b\grave{a}te}} \quad (\text{Eq 4})$$

A partir des surfaces de parois déperditives  $A_T$  et  $A_{baie}$ , on détermine une surface des parois opaques déperditives verticales  $A_{bat\_opv}$ . Elle se calcule de la façon suivante :

$$A_{bat\_opv} = A_T - A_{bat\_oph} - \sum_{gr} \sum_{orientation} A_{baie} \quad (\text{Eq 5})$$

$A_{bat\_oph}$  étant la surface opaque horizontale totale.

On détermine ensuite un coefficient de transfert de déperdition spécifique par transmission des parois opaques,  $U_{bat\_op}$ . Il se calcule de la façon suivante :

$$U_{bat\_op} = \frac{U_{bat} \cdot A_T - U_{baie} \cdot \sum_{gr} \sum_{orientation} A_{baie}}{A_{bat\_op}} \quad (\text{Eq 6})$$

Le Tableau 16 présente la façon dont les caractéristiques de chaque paroi opaque sont calculées par groupe possédant des parois déperditives :

Orientations	Surface	U <sub>bat</sub>	Facteur solaire par défaut pour Th-C
Verticale Nord, Sud, Est, Ouest	$0.25 * p_{gr} * A_{bat\_opv}$ (Eq 7)	U <sub>bat_op</sub>	0,01
horizontale	$p_{gr} * A_{bat\_oph}$	U <sub>bat_op</sub>	0,01

**Tableau 16 : répartition des caractéristiques des parois opaques**

### 7.5.2 CARACTERISTIQUES DE L'INERTIE DE CHAQUE GROUPE

Les caractéristiques d'inertie quotidienne et séquentielle sont calculées selon les règles Th-I.

## 8. CALCUL DES DEBITS D'AIR

Ce chapitre permet :

- de caractériser les débits extraits et soufflés dans chaque groupe par le système spécifique de ventilation,
- de caractériser la perméabilité de l'enveloppe du bâtiment puis de la répartir au niveau des zones,
- de calculer les transferts d'air aux frontières de la zone dans son ensemble pour ce qui est de l'effet du tirage thermique et du vent sur l'enveloppe, entrées d'air comprises,
- De répartir ces transferts d'air dans chaque groupe.

### 8.1 CARACTERISATION DU GROUPE ET REGLE DE SEGMENTATION

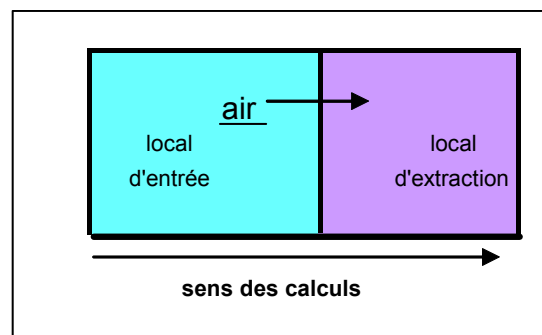
- les débits soufflés et repris mécaniquement par le ou les système(s) de ventilation associé(s) au groupe  $Qva_{soug}$  et  $Qva_{repg}$  en  $m^3/h$ . Ils sont obtenus par somme des débits soufflés par système  $Qva_{sou}$  et repris  $Qva_{rep}$  des systèmes de ventilation présents dans le groupe.
- les modules d'entrée d'air  $M_{eagr}$  en  $m^3/h$ .
- si la zone possède plusieurs groupes dont un groupe d'extraction :  
d'une part ce dernier doit répondre à la condition suivante :  $Qva_{soug} < Qva_{repg}$ ,  
d'autre part il faut s'assurer que la somme des débits soufflés dans les groupes d'entrée est supérieure à la somme des débits repris dans les groupes d'entrée :

$$\sum_{groupes\ d'entree} Qva_{soug} > \sum_{groupes\ d'entree} Qva_{repg}$$

Ces conditions sont nécessaires pour s'assurer que le flux d'air respecte bien la logique suivante.

On représente les transferts d'air entre groupes en s'appuyant sur les hypothèses suivantes :

- il peut y avoir plusieurs groupes d'entrée d'air et un groupe d'extraction.
- l'air va des groupes d'entrée vers le groupe d'extraction



**Figure 3 : sens des calculs**

Par ailleurs, on doit distinguer, comme indiqué en §12.7, les groupes d'entrée d'air dont les locaux sont avec ou sans système de refroidissement. La catégorie CE1 CE2 du groupe d'extraction est celle du groupe d'entrée d'air de la zone de surface utile la plus grande.

Nota : Toute zone doit posséder au moins un groupe d'entrée d'air (il n'est donc pas possible de déclarer une zone comportant uniquement un groupe d'extraction).

## 8.2 CALCUL DES DEBITS SPECIFIQUES

### 8.2.1 INTRODUCTION

On distingue 4 types de systèmes :

- 1) ventilation mécanique,
- 2) ventilation naturelle par conduits,
- 3) ventilation hybride,
- 4) aération par ouverture des fenêtres.

### 8.2.2 VALEURS DES DEBITS A REPENDRE ET A FOURNIR $Q_{VASOU\_SPEC}$ ET $Q_{VAREP\_SPEC}$

Sauf pour la ventilation naturelle, le calcul du débit spécifique du bâtiment s'effectue à partir des débits d'air à reprendre (négatifs) ou à fournir (positifs) dans les locaux tels que définis dans le projet (ces valeurs ne peuvent être inférieures à celles découlant du respect des réglementations d'hygiène). Ces valeurs sont définies en période d'occupation et d'inoccupation au sens des scénarios de ventilation (voir Tableau 9).

Les données d'entrée doivent toujours être exprimées en valeurs absolues.

Dans le cas des cuisines professionnelles, on considère conventionnellement que le débit d'extraction est multiplié par 0,4 pour prendre en compte le temps de fonctionnement par rapport à la durée d'occupation de la zone.

### 8.2.3 VENTILATION MECANIQUE

On effectue le calcul des débits moyens soufflé et extrait par chaque système (en pouvant regrouper les bouches liées à un même circuit aéraulique) en période d'occupation et en période d'inoccupation.

On part des débits à reprendre et à fournir (prenant en compte les dispositifs locaux de régulation des débits) que l'on corrige des coefficients suivants :

- Un coefficient de dépassement  $C_{dep}$
- Un coefficient de fuite de réseaux  $C_{fres}$

$$Q_{vasou\_occ} = C_{dep} C_{fres} Q_{vasou\_specocc} \quad (Eq 8)$$

$$Q_{vasou\_inocc} = C_{dep} C_{fres} Q_{vasou\_specinocc} \quad (Eq 9)$$

$$Q_{varep\_occ} = C_{dep} C_{fres} Q_{varep\_specocc} \quad (Eq 10)$$

$$Q_{varep\_inocc} = C_{dep} C_{fres} Q_{varep\_specinocc} \quad (Eq 11)$$

#### 8.2.3.1 Secteur résidentiel

Les systèmes à deux débits d'extraction sont calculés pour une durée d'utilisation en grand débit ( $D_{ugd}$ ) de :

	Durée d'utilisation en grand débit ( $D_{ugd}$ ) (en h/semaine)
Dispositifs de gestion manuelle	14
Dispositifs avec temporisateur	7

Tableau 17 : Durées d'utilisation  $D_{ugd}$  en grand débit en secteur résidentiel

Le débit moyen à reprendre, s'appliquant en occupation et en inoccupation, est calculé par

$$Q_{varep_{spec}} = (Q_{pointerep} * Dugd + Q_{baserep} * (168 - Dugd)) / 168 \quad (\text{Eq 12})$$

Pour les systèmes double flux, le débit soufflé est le débit moyen sur la semaine.

$$Q_{vasou_{spec}} = (Q_{pointesou} * Dugd + Q_{basesou} * (168 - Dugd)) / 168 \quad (\text{Eq 13})$$

Le **Tableau 17** est à utiliser si les bouches ont des fonctionnements indépendants.

Pour les bouches dont le fonctionnement n'est pas indépendant (cas par exemple d'un dispositif local commandant le passage en grand débit de toutes les bouches d'un même logement), on considère par défaut que le passage en grand débit se fait de manière non concomitante et on applique donc pour chacune des bouches le temps de fonctionnement correspondant à l'ensemble des bouches munies d'un dispositif de gestion. A titre d'exemple, si un logement est muni d'un dispositif central de passage en grand débit et qu'il est commandé par un dispositif manuel en cuisine et dans une salle de bains, le temps total de fonctionnement en grand débit sera de 14 h + 14 h = 28 h. On appliquera donc cette durée et pour la cuisine et pour la salle de bains. Ces systèmes peuvent également faire l'objet d'un Avis Technique précisant les règles de calcul à appliquer.

Pour les systèmes hygroréglables, les débits énergétiques équivalents seront calculés à partir des valeurs fournies dans les Avis Techniques.

### 8.2.3.2 Non résidentiel

On définit les débits nominaux à souffler dans chaque groupe par système, **Qvanomsou**, et à reprendre, **Qvanomrep**, en période d'occupation et en période d'inoccupation. Ces valeurs ne peuvent être inférieures à celles résultant de réglementations d'hygiène.

En période d'occupation, les débits nominaux des systèmes avec régulation des débits sont multipliés par un facteur correctif **Crdbnr** dont les valeurs par défaut sont les suivantes :

	Coefficient de réduction des débits (Crdbnr)
Aucun système	1
Dispositif de détection d'utilisation du local	0,9
Dispositifs de comptage d'occupants ou sondes CO <sub>2</sub>	0,8

**Tableau 18 : Coefficients de réduction des débits en non résidentiel Crdbnr**

Des valeurs différentes de Crdbnr peuvent être issues de procédures d'Avis Technique

$$Q_{varepspec_{occ}} = Crdbnr Q_{vanomrep_{occ}} \quad (\text{Eq 14})$$

$$Q_{varepspec_{inoc}} = Q_{vanomrep_{inoc}} \quad (\text{Eq 15})$$

$$Q_{vasouspec_{occ}} = Crdbnr Q_{vanomsou_{occ}} \quad (\text{Eq 16})$$

$$Q_{vasouspec_{inoc}} = Q_{vanomsou_{inoc}} \quad (\text{Eq 17})$$

### 8.2.3.3 Coefficients de dépassement $C_{dep}$

Le coefficient de dépassement  $C_{dep}$  est un facteur multiplicatif visant à prendre en compte les contraintes de dimensionnement de l'installation de ventilation et la dispersion des caractéristiques de composants.

	Valeurs de $C_{dep}$
<b>Valeur par défaut</b>	1,25
<b>Composants autoréglables certifiés</b>	1,10

Tableau 19 : Valeurs de  $C_{dep}$  pour la ventilation mécanique

### 8.2.3.4 Coefficient de fuite des réseaux $C_{fres}$

Le coefficient de fuite du réseau  $C_{fres}$  a pour valeur en fonction de la classe de fuite du réseau  $C_{fres}$  :

Classe de $C_{fres}$	$C_{fres1}$	$C_{fres2}$	$C_{fres3}$
<b>Valeur de <math>C_{fres}</math></b>	1	1.05	1.10

Tableau 20 : Valeur de  $C_{fres}$  en fonction de la classe  $C_{fres}$

Connaissant le type de réseau et sa classe d'étanchéité au sens de la norme expérimentale NF X 10236, la valeur de classe de  $C_{fres}$  est la suivante :

Type de réseau	Classe d'étanchéité du réseau	$K_{res}$ ( $m^3/(s.m^2)$ sous 1 Pa) (pour mémoire)	Classe $C_{fres,r}$
Basse pression (dépression dans le réseau inférieure à 20 Pa)	A	$0,027 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres1}$
	B	$0,009 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres1}$
	C	$0,003 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres1}$
	Valeur par défaut	$0,0675 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres2}$
Autres cas et type par défaut	A	$0,027 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres2}$
	B	$0,009 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres1}$
	C	$0,003 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres1}$
	Valeur par défaut	$0,0675 \cdot 10^{-3}$	$C_{fres3}$

Tableau 21 : classes de  $C_{fres}$  pour la ventilation mécanique

Par convention, si les conduits sont rigides et tous équipés d'accessoires à joints de classe C le réseau peut-être pris en classe A.



### 8.2.4 VENTILATION NATURELLE PAR CONDUITS

Ce système ne s'applique qu'au secteur résidentiel.

Le calcul par défaut est mené comme suit :

La représentation de chaque conduit est fondée sur le calcul du débit dans le conduit,  $qv_{cond}$ , obtenu par résolution sur la base des pertes de charge du circuit :

- La perte de charge des bouches d'extraction,  $\Delta p_{bouche}$ , intégrant les fuites.
- La perte de charge des conduits,  $\Delta p_{cond}$ .
- La perte de charge et l'effet moteur éventuel statique des dispositifs de couronnement,  $\Delta p_{extr}$ .
- Les pertes de charge aux confluences,  $\Delta p_{coude}$ , représentées par un coude de coefficient de perte de charge,  $\chi_{coude}$ , (adimensionnel) égal à 1,15.
- La hauteur de tirage thermique,  $h_{mot}$ , différence d'altitude entre le point de référence pour le calcul de  $P_{ib}$ , et le débouché de conduit.

On considère que la température dans les conduits est toujours égale à la température d'air intérieur.

On définit pour chaque conduit un conduit équivalent de la façon suivante :

- Pour un conduit shunt, le conduit équivalent a la section du conduit réel,  $A_{cond}$ , le périmètre du conduit réel,  $Per_{cond}$ , une hauteur,  $h_{cond_{eq}}$ , égale à la différence d'altitude entre le débouché et la moyenne des hauteurs entre la bouche d'extraction la plus haute et la bouche d'extraction la plus basse, plus la hauteur conventionnelle de la bouche par rapport au sol.  
La bouche d'extraction équivalente a pour module,  $M_{bouche_{eq}}$ , la somme des modules des bouches raccordées au conduit. Si la bouche est à deux caractéristiques, on applique une caractéristique moyenne pondérée par les temps d'ouverture à l'identique du **Tableau 17**. La valeur par défaut est prise égale à 1,15 fois la valeur déclarée. Si la bouche est certifiée, la somme des modules est prise égale à la valeur déclarée. Les fuites du conduit,  $M_{fuites}$ , sont ajoutées au module de la bouche  $M_{bouches_{eq}}$ .
- Pour les conduits unitaires, on travaille conduit par conduit en fonction de leurs caractéristiques réelles.

Soit  $A_{cond}$  l'aire du conduit et  $per_{cond}$  son périmètre

$$Deq = 4 \cdot A_{cond} / Per_{cond} \quad [m] \quad (Eq 18)$$

$$v_{cond} = 4 \cdot qv_{cond} / (3600 \cdot \rho_a \cdot \pi \cdot Deq^2) \quad [m/s] \quad (Eq 19)$$

$$\Delta p_{bouche} = 20 \cdot qv_{cond} \cdot \text{abs}(qv_{cond}) / (M_{bouche_{eq}} + M_{fuites})^2 \quad (Eq 20)$$

$$M_{fuites} = 3600 \cdot (20^{0,65}) \cdot h_{cond_{eq}} \cdot Per_{cond} \cdot Kres_{cond} \quad (Eq 21)$$

La valeur de  $Kres$  est donnée suivant les valeurs du Tableau 21.

$$\Delta p_{cond} = 0,5 \cdot \lambda (h_{cond_{eq}} / Deq) \cdot \rho_a \cdot v_{cond} \cdot \text{abs}(v_{cond}) \quad \text{avec } \lambda = 0,05 \quad (Eq 22)$$

$$\Delta p_{coude} = 0,5 \chi_{coude} \cdot \rho_a \cdot v_{cond} \cdot \text{abs}(v_{cond}) \quad (Eq 23)$$

$\Delta p_{extr}$  est calculé comme suit :

Les extracteurs statiques sont caractérisés par leur courbe pour un vent de référence  $v_{ref}$  :

- vitesse conduit,
- leur coefficient de perte de charge.

Le principe en est de construire la courbe en trois morceaux consécutifs :

- 1 du débit nul au débit maximum obtenu à partir des résultats d'essais sous l'effet du vent,
- 2 par interpolation entre 1 et 3,
- 3 par la courbe débit-pression sans effet de vent.

Ceci est justifié par le fait que pour des ratios vitesse conduit / vitesse du vent élevés, l'effet du vent devient négligeable.

La partie 2 de la courbe est calculée de façon que l'ensemble de la courbe soit monotone (dans le cas contraire, on risque d'obtenir des instabilités de résolution).

La valeur de  $v_{ref}$  et celle du  $C_{qvref,Uref}$  correspondante sont obtenues par interpolation linéaire à partir des valeurs mesurées suivant la procédure suivante :

- 1) dans la plage de définition de  $C_{extr,ve,ref}$ , on calcule  $\Delta p_{extrC,vcond}$  ( $v_{cond} \cdot v_{e,ref} / v_e$ ) correspondant à chaque point d'essai mesuré :

$$\Delta p_{extrC,vcond} = 0,5 \cdot \rho_a \cdot (v_e \cdot C_{extr,ve,ref} (v_{cond} \cdot v_{e,ref} / v_e)) \quad (\text{Eq 24})$$

dans la plage de vitesses en conduit ainsi définie, on prend  $\Delta p_{extr,vcond} = \Delta p_{extrC,vcond}$

- 2) on calcule  $\Delta p_{stat,vcond} = 0,5 \cdot \rho_a \cdot \zeta \cdot v_{cond}^2$  pour 2 fois la valeur maximale de  $(v_{cond} \cdot v_{e,ref} / v_e)$  (Eq 25)
- 3) si  $\Delta p_{stat,vcond}$  ainsi obtenu est supérieur à  $\Delta p_{extrC,vcond}$  pour la valeur maximale de  $(v_{cond} \cdot v_{e,ref} / v_e)$ , on calcule  $\Delta p_{extr}$  par interpolation linéaire entre les deux points
- 4) sinon, on reprend à l'étape 2, en prenant 3 fois, 4 fois... la valeur maximale de  $(v_{cond} \cdot v_{e,ref} / v_e)$
- 5) au-dessus de la valeur retenue, on prend  $\Delta p_{extr,vcond} = \Delta p_{stat,vcond}$
- 6) pour  $v_{cond}$  négatif, on prend la valeur de  $\Delta p_{extr,vcond}$  correspondant à  $v_{cond}$  nul

$$\Delta p_{mot} = h_{mot} \cdot \rho_a \cdot g \cdot ((T_i - T_e) / T_{ref}) + p_{ib} \quad (\text{Eq 26})$$

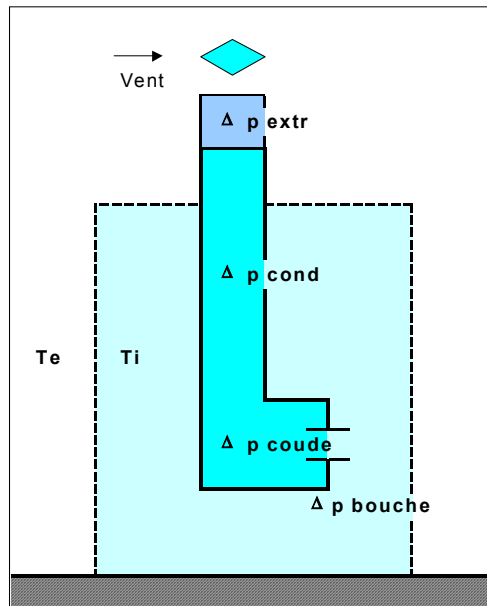
Pour les zones dont les niveaux sont étanches entre eux, le calcul s'effectue conventionnellement à mi-hauteur de la zone. En considérant une différence d'altitude de 2 m entre la bouche et le sol, on peut retenir par défaut  $h_{mot} = h_{cond} + 2$

Pour les zones dont les niveaux ne sont pas étanches entre eux, on peut considérer que la sortie de toiture est située à 2 m au-dessus du plancher haut de la zone et retenir la valeur par défaut  $h_{mot} = H_{zone} + 2$

$q_{vcond,extr}$  ( $p_{ib}$ ) est calculé en résolvant :

$$\Delta p_{mot} = \Delta p_{extr} + \Delta p_{cond} + \Delta p_{coude} + \Delta p_{bouche} \quad (\text{Eq 27})$$

Le débit massique algébrique en kg/s :  $Q_{mcond} = q_{vcond,extr} * p_a / 3600$



**Figure 4 : Schéma de principe pour le calcul de  $\Delta p_{mot}$**

Le calcul par défaut peut être remplacé en tout ou partie par des résultats ou des méthodes issues de certification ou d'Avis Technique.

### 8.2.5 VENTILATION HYBRIDE

Ce système ne s'applique qu'au secteur résidentiel.

On considère que le système bascule d'un mode mécanique à un mode naturel et inversement. On décrit donc les deux systèmes correspondant à ces modes selon les paragraphes précédents.

Le passage d'un mode à l'autre s'effectue de la façon suivante :

Le grand débit mécanique  $Q_{pointe}$  correspondant aux activités de cuisine est utilisé de la façon suivante :

	Chybcuis	horaires
Pas de grand débit	1	Non appliqué
individuel	3	De 11h à 12 h et de 18h à 19 h
collectif	2	De 11 h à 13h et de 18 h à 20 h

**Tableau 22 : horaires d'utilisation du grand débit cuisine en ventilations hybride**

Le débit de base est utilisé en définissant une valeur seuil de Vent extérieur  $V_{hyb}$  et de température  $Thyb$ . On passe en mode mécanique si  $T_e > Thyb$  et  $V_e < V_{hyb}$  (conditions de tirage insuffisante).

On applique donc la procédure suivante :

Le débit à reprendre, s'appliquant en occupation et en inoccupation, est calculé par

$$Q_{varep_{spec}} = (Q_{pointe} * Dugdh + Q_{base} * (168 - Dugdh)) / 168 \quad (Eq 28)$$

Avec :

	Durée d'utilisation en grand débit (Dugdh) (en h/semaine)
collectif	28
individuel	14

**Tableau 23 : Durées d'utilisation par défaut (Dugdh) en grand débit en secteur résidentiel et en ventilation hybride**

Des valeurs différentes de durées d'utilisation peuvent être issues de procédures de certification ou d'Avis Techniques

On applique la valeur obtenue :

- 1 ) Aux heures indiquées par le tableau 24
- 2 ) Aux heures respectant  $T_e > T_{hyb}$  et  $V_e < V_{hyb}$

## 8.2.6 AERATION PAR OUVERTURE DES FENETRES

### 8.2.6.1 Non résidentiel

L'aération par ouverture des fenêtres (ventilation de base) est traitée, du point de vue des débits, comme un système de ventilation double flux dont le débit (débit entrant égal au débit sortant) est le débit d'hygiène multiplié par un coefficient  $C_{fenb}$  égal à 1,7.

Les débits correspondant sont calculés comme suit :

$$Q_{vfensou_{occ}} = C_{fenb} ( Q_{vanomsou_{cocc}} + Q_{vanomrep_{occ}} ) \quad (Eq 29)$$

$$Q_{vfensou_{inocc}} = C_{fenb} ( Q_{vanomsou_{inocc}} + Q_{vanomrep_{inocc}} ) \quad (Eq 30)$$

$$Q_{vfenrep_{occ}} = Q_{vfensou_{occ}} \quad (Eq 31)$$

$$Q_{vfenrep_{inocc}} = Q_{vfensou_{inocc}} \quad (Eq 32)$$

On fait ici l'hypothèse que la réglementation d'hygiène impose par local soit des débits à fournir, soit des débits à extraire. Au cas (exceptionnel) où cela ne serait pas le cas, il conviendrait pour chaque local de prendre soit en extraction soit en fourniture le plus grand des débits (en valeur absolue) conforme à la réglementation d'hygiène, et de mettre l'autre à 0 avant de cumuler les débits pour le groupe.

Le système ainsi défini n'est relié à aucun réseau.

### 8.3 CALCUL DES DEBIT ECHANGES AU TRAVERS DE L'ENVELOPPE DE LA ZONE ET ENTRE GROUPES

Afin de limiter le nombre de paramètres à renseigner et de conserver une approche physique du bâtiment, les caractéristiques du bâtiment propres aux transferts d'air ne sont pas toutes relatives au même niveau. A chaque partie du bâtiment correspondent les entrées suivantes :

#### 8.3.1 CARACTERISATION AU NIVEAU DU BATIMENT

- la surface de ses parois déperditives,  $A_{Tbat}$  en  $m^2$ , dont les planchers bas sont exclus.
- la hauteur du bâtiment,  $h_{bat}$ , en m, différence d'altitude entre le point supérieur de la zone chauffée et le sol environnant le bâtiment.
- la perméabilité à l'air des parois extérieures.  $Q_{4Pa\_surf}$ , en  $m^3/h/m^2$  sous 4 Pa, des surfaces déperditives exceptés les planchers bas.

On appelle perméabilité à l'air de l'enveloppe tout défaut d'étanchéité non lié à un système de ventilation spécifique.

Elle est représentée par le débit de fuite, en  $m^3/h/m^2$  d'enveloppe sous une dépression de 4 Pa. La surface de l'enveloppe considérée est la surface des parois déperditives,  $A_{Tbat}$ , définie ci avant dont on exclut les planchers bas.

La valeur par défaut de la perméabilité de l'enveloppe (en  $m^3/h.m^2$  sous 4 Pa) est calculée en multipliant la surface d'enveloppe par la valeur de perméabilité donnée dans le *Tableau 24*.

Usage	Perméabilité par défaut (en $m^3/(h.m^2)$ )	Bâtiment justifié dans le cadre de la démarche de qualité de l'étanchéité à l'air
Logement individuel	1,3	0,8
Logement collectif, bureaux, hôtels, restauration, enseignement, petits commerces, établissements sanitaires	1,7	1,2
Autres usages	3,0	2,5

**Tableau 24 : Valeurs par défaut de la perméabilité des parois extérieures**

#### 8.3.2 CARACTERISATION AU NIVEAU DE LA ZONE

- la hauteur de la zone  $h_z$  en m, différence d'altitude entre le point le plus haut et le point le plus bas de la partie chauffée de la zone.
- les aspects de perméabilité horizontale et verticale.

La perméabilité horizontale traduit la perméabilité entre façades.

La perméabilité verticale traduit la perméabilité entre niveaux.

Les zones de logements collectifs sont considérées conventionnellement comme non perméables verticalement. Leur perméabilité horizontale est celle prise en compte dans la méthode Th-E.

Conventionnellement en fonction de l'usage de la zone on retiendra les indices de perméabilité interne récapitulés dans le *Tableau 25* pour les autres cas.

Types de locaux	Perméable horizontalement	Perméable verticalement
Établissements sanitaires avec hébergement, hôtellerie et autres hébergements	non	non
autres locaux	oui	oui

**Tableau 25 : Valeurs conventionnelles des indices de perméabilité interne**

### 8.3.3 PASSAGE DU BATIMENT A LA ZONE

La valeur de la perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment est appliquée aux zones au prorata des surfaces utiles.

La répartition se fait de la façon suivante pour chaque zone :

$$qv_{4Paz} = Q_{4Pa-surf} * p_{Az} * A_{Tbât} \quad (Eq\ 33)$$

### 8.3.4 CALCUL DES DEBITS D'AIR A TRAVERS L'ENVELOPPE

Ce paragraphe permet d'une part le calcul des transferts d'air aux frontières de la zone dans son ensemble pour ce qui est de l'effet du tirage thermique et du vent sur l'enveloppe, entrées d'air comprises, et d'autre part leur répartition dans les différents groupes.

Il représente également les transferts d'air entre groupes.

Les débits massiques d'air sont exprimés en air sec [kg/s] que ce soit pour les calculs énergétiques, l'enthalpie s'exprimant en kJ/kg d'air sec, ou pour les bilan aérauliques, le bilan d'humidité se faisant dans le §12.4.

Les débits d'air entrant dans la zone (parois, modules d'entrée d'air, soufflé,...) sont exprimés positivement, les débits sortant (parois, modules d'entrée d'air, repris, extrait) sont en valeur négative.

#### 8.3.4.1 Organisation générale des calculs

Les calculs sont menés sur une base horaire en deux phases :

- Une première phase purement aéraulique permet de calculer les débits entrants (comptés positivement) et extraits (comptés négativement) pour chaque composant pris en compte (défauts d'étanchéité, entrées d'air). Le calcul est mené avec comme inconnue  $p_{ib}$ , pression intérieure au niveau du plancher de la zone étudiée (en prenant par convention une pression extérieure nulle au même niveau).
- Une seconde phase permet de déterminer les débits entre groupes.
- Les apports internes récupérables et les consommations de ventilateurs sont traités dans la partie systèmes.
- Les débits spécifiques sont déterminés au niveau des émetteurs locaux et de la centrale de traitement d'air.

#### 8.3.4.2 Calcul des débits au travers de l'enveloppe de la zone en fonction de $p_{ib}$

##### 8.3.4.2.1 Principe de calcul

En fonction des caractéristiques de la perméabilité de l'enveloppe de la zone, perméable ou non horizontalement et verticalement, on détermine le nombre de composants, leur orientation par rapport au vent et leur hauteur.

Par application du modèle implicite de la prEN 13465 avec les hypothèses décrites dans ce qui suit, on détermine la pression à l'extérieure de chaque composant afin de calculer les débits exfiltrés au travers des défauts d'étanchéités ( $q_{m_{def}}$ ) et des entrées d'air ( $q_{m_{ea}}$ ) de chaque façade ou partie de façade.

Ces débits sont alors additionnés sur l'ensemble de la zone pour obtenir les débits massiques totaux traversant l'enveloppe par les défauts d'étanchéités et par les entrées d'air.

#### 8.3.4.2.2 Détermination du nombre de composants et de leur position

- **Les défauts d'étanchéité**

Les défauts d'étanchéité sont concentrés et répartis sur les façades de la zone de la façon suivante :

Zones perméables horizontalement

Répartition de la perméabilité à l'air	Façade au vent	Façades latérales	Façade sous le vent
En haut	1/6	1/6	1/6
En bas	1/6	1/6	1/6

**Tableau 26 : Répartition des défauts d'étanchéité pour les zones perméables horizontalement**

Zones non perméables horizontalement

Répartition de la perméabilité à l'air	Part de la façade dite « au vent »	Part de la façade dite « sous le vent »
En haut	1/4	1/4
En bas	1/4	1/4

**Tableau 27 : Répartition des défauts d'étanchéité pour les zones non perméables horizontalement**

La hauteur de tirage thermique,  $h_{comp}$ , (différence de hauteur entre les défauts d'étanchéité localisés en partie haute et en partie basse) dépend de la hauteur des locaux de la zone et de son degré de cloisonnement entre niveaux. Elle est déterminée de la façon suivante :

Pour les perméabilités basses :  $h_{comp\ bas} = 0$

Pour les perméabilités hautes :

zone non perméable verticalement  $h_{comp\ haut} = 1,5$

Zone perméable verticalement  $h_{comp\ haut} = \min(h_z ; 15)/2$

- **Les entrées d'air**

La somme des entrées d'air de la zone est répartie sur les façades de la zone en fonction de sa perméabilité verticale et de sa perméabilité horizontale en appliquant la méthode suivante :

Cas 1 : Pour les cas où la zone est non perméable verticalement, les entrées d'air sont situées en partie haute de chaque niveau. La somme des modules est donc répartie comme suit :

Zones perméables horizontalement

Répartition des entrées d'air	Façade au vent	Façades latérales	Façade sous le vent
En haut	1/3	1/3	1/3

**Tableau 28 : Répartition des entrées d'air pour les zones perméables horizontalement et non perméable verticalement**

Zones non perméables horizontalement

Répartition des entrées d'air	Part de la façade dite « au vent »	Part de la façade dite « sous le vent »
En haut	1/2	1/2

**Tableau 29 : Répartition des entrées d'air pour les zones non perméables horizontalement et non perméables verticalement**

Cas 2 : Pour les autres cas, la somme des modules des entrées d'air est répartie comme suit :

Répartition des entrées d'air	Façade au vent	Façades latérales	Façade sous le vent
En haut	1/6	1/6	1/6
En bas	1/6	1/6	1/6

**Tableau 30 : Répartition des entrées d'air pour les zones perméables verticalement**

Les hauteurs des entrées d'air pour l'effet du tirage thermique sont calculées comme pour les défauts d'étanchéité.

#### 8.3.4.2.3 Calcul de la pression sur les façades pour un composant

On retient la vitesse du vent, donnée par les fichiers météorologiques.

En fonction de la perméabilité de la zone on détermine les coefficients de pression des composants. A cet effet, en fonction de l'usage de la zone on s'appuie sur le Tableau 25 pour déterminer conventionnellement ses niveaux de perméabilité verticale et horizontale.

On obtient alors :

Pour les zones perméables horizontalement, on modélise la zone par trois façades auxquelles on affecte à chacune les coefficients de pression suivants :

Hauteur du bâtiment	C <sub>p</sub> façade au vent	C <sub>p</sub> façades latérales	C <sub>p</sub> façade sous le vent
$h_{\text{bat}} < 15 \text{ m}$	+ 0,25	-0.5	- 0,5
$15 < h_{\text{bat}} < 50 \text{ m}$	+ 0,45	-0.5	- 0,5
$h_{\text{bat}} > 50 \text{ m}$	+ 0,60	-0.5	- 0,5

**Tableau 31 : Cp pour les zones perméables horizontalement**



Pour les zones non perméables horizontalement, on retient quelle que soit la hauteur du bâtiment les valeurs suivantes :

$C_p$ façade dite « au vent »	$C_p$ façade dite « sous le vent »
+ 0,05	- 0,05

**Tableau 32 :  $C_p$  pour les zones non perméables horizontalement**

On calcule alors la pression extérieure au niveau du composant, en considérant par convention que la pression extérieure au niveau du plancher de la zone est nulle. La pression équivalente due aux effets du vent et du tirage thermique sur un composant de façade situé à une hauteur  $h_{comp}$  par rapport au niveau du plancher de la zone est égale à :

$$P_{ext,comp} = \rho_a \cdot (0.5 \cdot C_p \cdot (0.9 v_e)^2 - h_{comp} \cdot ((\theta_i - \theta_{e,i}) \cdot g / \theta_{e,ref})) \quad (\text{Eq 34})$$

Avec :

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_a = 1,22 \text{ kg/m}^3$$

$$\theta_{e,ref} = 283 \text{ K}$$

L'écart de pression équivalent extérieur-intérieur pour un composant donné est ainsi égal à :

$$\Delta p = P_{ext,comp} - p_{ib} \quad (\text{Eq 35})$$

#### 8.3.4.2.4 Calcul des débits au travers des défauts d'étanchéité

Une fois la perméabilité à l'air de l'enveloppe de la zone,  $q_{v4PaZ}$ , calculée à l'aide de l'équation (Eq 33), elle est répartie sur chaque composant suivant le §08.3.4.2.2 en fonction des perméabilités verticale et horizontale de la zone.

Le débit  $q_{v,def}$  traversant un défaut d'étanchéité de perméabilité  $q_{v4PaZ}$  (positif si débit entrant) est alors calculé de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Si } \Delta p < 0 \quad q_{v,def} &= -q_{v4PaZ} (-\Delta p/4)^{2/3} \\ q_{m,def} &= q_{v,def} \cdot \rho_i / 3600 \\ \text{Si } \Delta p \geq 0 \quad q_{v,def} &= q_{v4PaZ} (\Delta p/4)^{2/3} \\ q_{m,def} &= q_{v,def} \cdot \rho_e / 3600 \end{aligned} \quad (\text{Eq 36})$$

Avec :

$q_{v4Pa}$	perméabilité sous 4 Pa ( $\text{m}^3/\text{h}$ sous 4 Pa) d'une façade de la zone
$\Delta p$ (Pa)	différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur ( $p_e - p_i$ )
$\rho_i$	masse volumique de l'air intérieur à $\theta_i$ et $w_i$
$\rho_e$	masse volumique de l'air extérieur à $\theta_{e,i}$ et $w_{e,i}$

#### 8.3.4.2.5 Calcul des débits au travers des entrées d'air

La somme sur les groupes des modules des entrées d'air,  $Sm_{ea}$ , d'un zone est la somme des entrées d'air définies au niveau de chaque groupe ( $Meagr$ ) .  $Smea$  est ensuite répartie sur les façades de la zone en fonction de sa perméabilité verticale et de sa perméabilité horizontale.

Les valeurs obtenues, notée  $M_{ea}$ , sont les sommes des modules des entrées d'air d'un composant d'une zone, c'est-à-dire le débit en  $\text{m}^3/\text{h}$  pour une différence de pression  $\Delta p$  de 20 Pa.

Les débits sont alors calculés suivant que les entrées d'air sont auto réglables ou non.

La courbe caractéristique des entrées d'air auto réglables définit une plage de débits pour une plage de pression. On retient une courbe située dans la partie supérieure de la plage de débit qui se formule de la manière suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Pour } \Delta p \leq 0 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = -1,1.M_{ea}.(-\Delta p/20)^{0,5} \\
 & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_i^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \\
 \text{Pour } 0 \text{ Pa} < \Delta p \leq 20 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = 1,1.M_{ea}.(\Delta p/20)^{0,5} \\
 & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_e^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \\
 \text{Pour } \Delta p > 20 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = 0,55.M_{ea}.\Delta p/80 + 77.M_{ea}/80 \\
 & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_e^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600
 \end{aligned} \tag{Eq 37}$$

Pour les entrées d'air fixes, on applique les formules suivantes :

$$\begin{aligned}
 \text{Pour } \Delta p \leq 0 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = -1,1.M_{ea}.(-\Delta p/20)^{0,5} \\
 & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_i^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600 \\
 \text{Pour } \Delta p > 0 \text{ Pa :} & \quad qv_{ea} = 1,1.M_{ea}.(\Delta p/20)^{0,5} \\
 & \quad qm_{ea} = qv_{ea} * \rho_e^{0,5} * \rho_a^{0,5} / 3600
 \end{aligned} \tag{Eq 38}$$

#### 8.3.4.2.6 Débits sur l'ensemble de la zone

Les débits au travers de chaque défaut d'étanchéité de la zone sont additionnés pour obtenir  $Q_{m\text{def}}(p_{ib})$ , en kg/s, débit massique total traversant pour un perméabilité  $qv_{4Paz}$ .

$$Q_{m\text{def}}(p_{ib}) = \sum_{\text{composants}} qm_{\text{def}}$$

Les débits au travers de chaque entrée d'air de la zone sont additionnés pour obtenir  $Q_{m\text{ea}}(p_{ib})$ , débit massique total traversant les entrées d'air en kg/s :

$$Q_{m\text{ea}}(p_{ib}) = \sum_{\text{composants}} qm_{\text{ea}}$$

#### 8.3.4.3 calcul de $P_{ib}$

On écrit le système d'équations caractérisant les débits (en valeur algébrique) pour chaque composant.  $p_{ib}$  correspond à la valeur annulant la somme de ces débits.

$$Q_{m\text{def}}(p_{ib}) + Q_{m\text{ea}}(p_{ib}) + Q_{maT_{\text{sou}}} + Q_{maT_{\text{rep}}} + Q_{maT_{\text{cond}}} = 0 \tag{Eq 39}$$

Avec :

- $Q_{maT_{\text{rep}}}$  : débit massique total repris (kg/s) au niveau de la zone calculé au §14,
- $Q_{maT_{\text{sou}}}$  : débit massique total soufflé (kg/s) au niveau de la zone calculé au §14,
- $Q_{m\text{def}}(p_{ib})$  : débit massique total traversant pour un perméabilité  $qv_{4Paz}$  (kg/s),
- $Q_{m\text{ea}}(p_{ib})$  : débit massique total traversant les entrées d'air (kg/s),
- $Q_{maT_{\text{cond}}}$  : débit massique total du aux conduits à tirage naturel (kg/s).

### 8.3.5 REPARTITION DE L'AIR ENTRANT OU SORTANT PAR LES PAROIS EXTERIEURES POUR CHAQUE GROUPE

Les débits d'air entrant ou sortant au niveau de l'enveloppe de la zone (perméabilité et entrées d'air) sont calculés à partir de la surface des parois déperditives exceptés les planchers bas du bâtiment répartie dans chaque groupe au prorata des surface utiles.

On calcule d'abord les débits entrants et les débits sortants pour la zone :

$qm_{extrdef} = \min(0, qm_{def})$  débit sortant par les défauts d'étanchéité pour une façade

$qm_{entrdef} = \max(0, qm_{def})$  débit entrant par les défauts d'étanchéité pour une façade

$qm_{extrea} = \min(0, qm_{ea})$  débit sortant par les entrées d'air pour une façade

$qm_{entrea} = \max(0, qm_{ea})$  débit entrant par les entrées d'air pour une façade

$Qmdefextr = \sum qm_{extrdef}$  débit sortant par les défauts d'étanchéité pour l'ensemble (Eq 40)

$Qmdefentr = \sum qm_{entrdef}$  débit entrant par les défauts d'étanchéité pour l'ensemble

$Qmeaextr = \sum qm_{extrea}$  débit sortant par les entrées d'air pour l'ensemble

$Qmeaentr = \sum qm_{entrea}$  débit entrant par les entrées d'air pour l'ensemble

Ensuite la répartition entre groupes est effectuée

$$Qmdefextr_{gr} = Qmdefextr * p_{A_{gr}}$$

$$Qmdefentr_{gr} = Qmdefentr * p_{A_{gr}}$$

$$Qmeaextr_{gr} = Qmeaextr * Mea_{gr} / SMea$$

$$Qmeaentr_{gr} = Qmeaentr * Mea_{gr} / SMea$$

(Eq 41)

avec :

$Smea$  somme des modules des entrées d'air de la zone

### 8.3.6 CALCUL DES DEBITS ENTRE GROUPES

Le bilan des débits d'air est effectué tout d'abord pour les groupes d'entrée d'air pour obtenir le débit transitant des groupes d'entrée vers le groupe d'extraction :

$$Qmatrans_{(gr)} = \max(0, (Qmasou_{(gr)} + Qmarep_{(gr)} + Qmdefextr_{(gr)} + Qmdefentr_{(gr)} + Qmeaextr_{(gr)} + Qmeaentr_{(gr)})) \quad (Eq 42)$$

## 9. ECLAIRAGE

### 9.1 DOMAINE D'APPLICATION

#### 9.1.1 TYPES DE BATIMENTS VISES

Cette méthode est applicable à tous les bâtiments. Pour les logements et les locaux similaires (locaux privatifs dans les résidences de personnes âgées, chambres des résidences de vacances, des hôtels, des foyers), le système d'éclairage est conventionnel

#### 9.1.2 QUEL ECLAIRAGE PRENDRE EN COMPTE ?

Les éclairages suivants ne doivent pas être pris en compte lors de l'application de la méthode :

- l'éclairage extérieur,
- l'éclairage des parkings,
- l'éclairage de sécurité,
- l'éclairage destiné à mettre en valeur des objets ou des marchandises.

Cette dernière catégorie couvre :

- les objets d'art tels que les peintures, les sculptures, les objets d'art avec un éclairage incorporé (lustres...) mais pas les luminaires décoratifs,
- l'éclairage localisé destiné à mettre en valeur les tables de restaurant.

Elle ne couvre en revanche pas les éléments architecturaux qui font partie du bâtiment tels que les murs, les portes, les escaliers, les plafonds.

La méthode ne couvre pas l'éclairage spécialisé destiné à la réalisation de process particulier. Il n'est pas possible de fournir une liste exhaustive de ces éclairages particuliers mais ils couvrent notamment : l'éclairage de scène dans les locaux utilisés pour le spectacle et les loisirs sous réserve que cet éclairage vienne en complément d'un éclairage général et qu'il soit commandé par un système de commande dédié accessible au seul personnel autorisé.

Tous les autres dispositifs d'éclairage doivent être pris en compte lors de l'application de la méthode.

### 9.2 CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE POUR L'ECLAIRAGE DU BATIMENT

La consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'un bâtiment est la somme des consommations d'énergie des différentes zones qui le composent :

$$C_{ECL\_h} = \sum C_{ECL\_zone} \quad (\text{Eq 43})$$

avec	$C_{ECL\_h}$	consommation finale pour le bâtiment sur une heure	[Wh]
	$C_{ECL\_zone\_}$	consommation pour la zone	[Wh]

La consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'une zone est la somme des consommations d'énergie des différents groupes qui la composent :

$$C_{ECL\_zone} = \sum C_{ECL\_GR} \quad (\text{Eq 44})$$

avec	$C_{ECL\_GR}$	consommation pour le groupe	[Wh]
------	---------------	-----------------------------	------

Le calcul annuel  $C_{ECL}$  s'effectue par somme des valeurs horaires  $C_{ECL\_h}$ .

Le calcul des consommations d'énergie relatif à l'éclairage d'un groupe est présenté ci-après.

### 9.3 METHODE DE CALCUL EN NON RESIDENTIEL

#### 9.3.1 CALCUL DE LA CONSOMMATION POUR LE GROUPE

Afin de valoriser différents systèmes de gestion et l'accès à l'éclairage naturel de parties spécifiques d'un groupe, la notion de local est introduite. Un local a une puissance d'éclairage artificiel spécifique, un mode de gestion des luminaires et un accès homogène à l'éclairage naturel.

Ainsi, pour chaque local d'un groupe les paramètres nécessaires au calcul de la consommation d'énergie relative à l'éclairage artificiel sont récapitulés dans le tableau suivant :

Dénomination du local	Puissance installée	Accès à l'éclairage naturel	Surface du local	Système de gestion du local
	En W/m <sup>2</sup> §9.3.2	Impossible Nul effectif §9.3.4.1	9.3	9.3.3; 9.3.4

**Tableau 33 : paramètres nécessaires au calcul de la consommation due à l'éclairage artificiel**

La consommation d'énergie finale pour l'éclairage d'un groupe est la somme des consommations d'énergie des différents locaux qui le composent :

$$C_{ECL\_GR} = \sum C_{ECL\_local} \quad (Eq 45)$$

Avec :

$C_{ECL\_local}$  consommation pour le local [Wh]

Le calcul de la consommation d'éclairage artificiel d'un local est le produit de la puissance d'éclairage artificiel installée par sa durée d'utilisation sur une heure.

$$C_{ECL\_local} = P_{ecl} * P_{Aecl} * A_{gr} * C1 * C34 \quad (Eq 46)$$

Avec :

$$P_{Aecl} = A_{local} / A_{gr} \quad (Eq 47)$$

$A_{local}$  surface du local en m<sup>2</sup>

$P_{ecl}$  puissance installée de l'éclairage d'un local [W/m<sup>2</sup>]

C1 coefficient correspondant au taux d'utilisation de l'éclairage en l'absence d'éclairage naturel

C34 coefficient correctif de C1 pour les locaux bénéficiant d'éclairage naturel

#### 9.3.2 CALCUL DE LA PUISSANCE INSTALLEE

Elle est définie au niveau du local ou d'une partie de local.

$P_{ecl}$  est la puissance installée pour l'éclairage intérieur des locaux. Elle inclut la puissance des lampes et accessoires y compris le système de gestion. Tous les dispositifs d'éclairage installés à poste fixe doivent être pris en compte à l'exclusion des dispositifs d'éclairage de sécurité.

Pour les installations dont le système d'éclairage n'est pas suffisant pour obtenir le niveau d'éclairage requis, on le complète par un système dont l'efficacité est de 5 W/m<sup>2</sup> pour 100 lux.

## Valeur par défaut

Si la puissance installée n'est pas connue, ce qui peut être le cas par exemple si l'installation d'éclairage n'est pas prévue pour être livrée avec le bâtiment, on utilisera pour  $P_{\text{ecl}}$  1,5 fois les valeurs  $P_{\text{eclréf}}$  définies dans l'arrêté.

### 9.3.3 VALEURS DU COEFFICIENT C1

Le coefficient C1 correspond à un pourcentage moyen d'utilisation qui dépend du type de gestion de l'éclairage, avec les valeurs suivantes :

détecteur de présence	0.7
horloge	0.8
Interrupteur manuel	0.9

**Tableau 34 : valeurs du coefficient C1**

Pour les usages de commerces et de restauration, la présence d'un détecteur de présence est assimilée à une horloge.

### 9.3.4 CALCUL DU COEFFICIENT C34

#### 9.3.4.1 Détermination de l'accès à l'éclairage naturel d'un local

Accès effectif

On considère que les groupes situés dans des bâtiments ayant moins de 10 m d'épaisseur et dans lesquels les seuls locaux non munis de fenêtres sont les locaux de stockage, les circulations, les locaux techniques et les sanitaires, sont entièrement en éclairage naturel.

Pour les groupes ne respectant pas ces critères, on détermine les locaux ayant un accès éventuel à l'éclairage naturel :

- par défaut, les locaux pouvant bénéficier de l'éclairage naturel sont constitués de la partie du groupe dont la profondeur est inférieure ou égale à 5 m et possédant des baies,
- sinon, ils sont constitués :
  - des groupes munis de baies et dont la profondeur est inférieure ou égale à deux fois et demie la hauteur sous linteaux (profondeur  $\leq 2.5 \cdot$  hauteur sous linteaux),
  - pour les groupes d'une profondeur plus importante, des parties des groupes situées à une distance d'une baie inférieure à 2.5 fois la hauteur sous linteaux, sous réserve que les luminaires éclairant ces parties soient commandés de façon indépendante,
  - des parties du groupe munies de parties vitrées uniformément réparties en toiture (éclairage zénithal, sheds, lanterneaux).

On appelle profondeur, la distance, perpendiculaire au centre de la paroi vitrée, entre celle-ci et une autre paroi du local.

Accès nul

L'accès à l'éclairage naturel est nul pour les parties des locaux sans baies situées à moins de 5 m des parois extérieures si ces parois sont sans interdiction de percement par des règles d'urbanisme.

Accès impossible

L'accès à l'éclairage naturel est impossible pour les autres parties de locaux

### 9.3.4.2 Calcul de $E_{inat}$

L'éclairage naturel intérieur,  $E_{inat}$ , est calculé au niveau du groupe à partir de l'éclairage incident sur la baie et des caractéristiques des baies du groupe, en prenant en compte le cas échéant la présence de protections mobiles. Il s'exprime en lux.

Il est calculé en faisant la somme sur les baies du groupe :

$$E_{inat} = \sum_1^w (D_{fvi1} (1 - P_{lin}) + D_{fvi2} P_{lin}) \cdot E_{beq} \quad (\text{Eq 48})$$

Avec :

$E_{beq}$  éclairage total équivalent sous forme diffuse après prise en compte des masques,

$D_{fvi1}$  facteur d'éclairage naturel pour les parties de baies pour lesquelles les protections mobiles ne sont pas en place,

$D_{fvi2}$  facteur d'éclairage naturel pour les parties de baies pour lesquelles les protections mobiles sont en place,

$P_{lin}$  ratio de surface des baies protection en place, §11.2.3.

Le calcul de l'éclairage vertical sur la baie,  $E_b$ , se compose de :

$$E_{bdir} : \text{éclairage direct} = 100 \text{ Drp} \cdot F_{fDir} \quad (\text{Eq 49})$$

$$E_{bdif} : \text{éclairage diffus} = 100 \text{ Dfp} \cdot F_{fDiff}$$

$$E_{bref} : \text{éclairage réfléchi par le sol} = 100 \text{ Rrp}$$

$Drp$ ,  $F_{fDir}$ ,  $Dfp$ ,  $F_{fDiff}$ ,  $Rrp$  : voir §11.2.2.

$$E_{beq} = E_{bdif} + (0.2 \cdot E_{bdir} + 0.6 \cdot E_{bref}) \cdot \quad (\text{Eq 50})$$

Facteur pour la partie de la baie non protégée

$$D_{fvi1} = \frac{1,8 \cdot T_{l1} \cdot A_{baie}}{4,5 \cdot A_{ecinat} \cdot 0,75} \quad (\text{Eq 51})$$

Facteur pour le rayonnement direct (partie de la baie protégée)

$$D_{fvi2} = \frac{1,8 \cdot T_{l2} \cdot A_{baie}}{4,5 \cdot A_{ecinat} \cdot 0,75} \quad (\text{Eq 52})$$

$T_{l1}$  et  $T_{l2}$  : facteur de transmission lumineuse du rayonnement diffus respectivement sans et avec protection solaire.

Par défaut on retiendra comme valeur le facteur de transmission lumineuse du rayonnement sous incidence normale transmis hémisphériquement réduit de 10 %.

$A_{ecinat}$  est la surface utile du groupe à accès effectif à l'éclairage naturel.

### 9.3.4.3 Calcul de C34

Pour les locaux à accès nul ou impossible,  $C34 = 1$ .

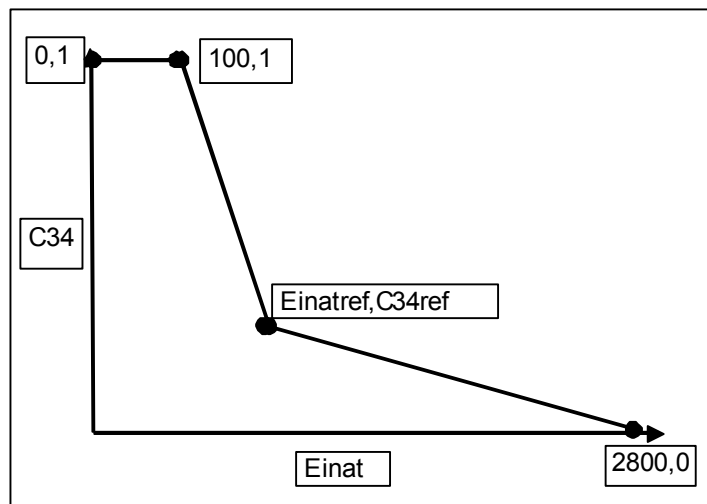
Pour les locaux à accès effectif, le coefficient C34 est calculé en fonction de l'éclairement naturel dans le local Einat et du type de régulation de l'éclairage : interrupteur ou gradateur.

Il est fondé sur l'approche suivante :

- pour Einat supérieur 2800 lux, l'éclairage est toujours éteint,
- pour Einat inférieur à 100 lux, l'éclairage est toujours allumé,
- pour Einat intermédiaire, on définit un point de référence Einat<sub>ref</sub>, C34<sub>ref</sub>.

La valeur de C34 est obtenue par interpolation linéaire entre les points suivants :

1. Einat = 0, C34 = 1
2. Einat = 100, C34 = 1
3. Einat<sub>ref</sub>, C34<sub>ref</sub>
4. Einat = 2800, C34 = 0



**Figure 5 : évolution de C34 en fonction de l'éclairement naturel**

Les valeurs de Einat<sub>ref</sub> et C34<sub>ref</sub> dépendent du type de régulation de l'éclairage selon le tableau suivant :

	Einat <sub>ref</sub>	C34 <sub>ref</sub>
interrupteur	700	0.3
gradateur	500	0.1

**Tableau 35 : valeurs de Einat<sub>ref</sub> et de C34<sub>ref</sub>**



#### 9.4 METHODE DE CALCUL EN RESIDENTIEL

Le calcul est entièrement conventionnel. L'impact sur les consommations ne résulte donc que des caractéristiques des baies.

Les formules définies en 9.3 sont utilisées avec les valeurs suivantes :

- puissance d'éclairage conventionnelle : 2 W/m<sup>2</sup>

Note : cette valeur résulte d'une puissance totale installée de 20 W/m<sup>2</sup> et d'un facteur de non simultanéité d'utilisation des différents points d'éclairage.

- valeur de C1 : 0.9

-  $E_{nat,ref} = 200$

-  $C_{34,ref} = 0.05$

- accès à l'éclairage : effectif

- type de régulation : interrupteur

#### 9.5 CALCUL DES APPORTS RECUPERABLES DUS A L'ECLAIRAGE

Le flux transmis s'exprime de la manière suivante :

- flux convectif,

$$F_{ecl_C} = 0.5 C_{ECL\_GR} \quad (\text{Eq 53})$$

- flux radiatif,

$$F_{ecl_R} = 0.5 C_{ECL\_GR} \quad (\text{Eq 54})$$

Les valeurs de  $F_{ecl_C}$  et de  $F_{ecl_R}$  sont ajoutées respectivement à  $F_{intc}$ , Flux convectif dû à des sources internes, et à  $F_{intr}$ , Flux radiatif dû à des sources internes, chapitre 11 (Eq 91).

## 10. BESOINS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Cette partie permet de calculer les besoins d'énergie horaires pour l'eau chaude sanitaire en fonction du type d'usage de la zone et du mois considéré.

La quantité de chaleur nécessaire pour préparer l'eau chaude ou besoin d'eau chaude vaut pour chaque système de préparation :

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_{uw} \cdot (\theta_{uw} - \theta_{cw}) \cdot Rat_{ECS} \quad [\text{Wh}] \text{ (Eq 55)}$$

Elle est exprimée en W.

Avec :

$\rho_w$  masse volumique de l'eau,  $\rho_w = 1 \text{ kg/l}$ ,

$c_w$  capacité calorifique massique de l'eau,  $c_w = 1,163 \text{ Wh/(kg.K)}$ ,

$V_{uw}$  volume d'eau chaude mitigée utilisé chaque heure pendant la période normale, [ l ],

$\theta_{uw}$  température de l'eau chaude mitigée utilisée au puisage,

$\theta_{cw}$  température de l'eau froide entrant dans le système de préparation d'eau chaude,

$Rat_{ECS}$  ratio des besoins assurés par un système de production aux besoins totaux de la zone.

La température d'eau froide dépend de la zone climatique et est donnée dans le fichier météorologique.

Le volume d'eau chaude mitigée,  $V_{uw}$ , pour une heure donnée vaut :

$$V_{uw} = a \cdot ah \cdot Nu \quad [\text{litres}] \text{ (Eq 56)}$$

Avec :

a besoins unitaires exprimés en litres d'eau à 40 °C,

ah coefficient horaire de la clé de répartition des besoins d'ECS afférente à l'usage considéré,

Nu nombre d'unités à considérer.

Les valeurs de a et Nu dépendent :

- de l'usage de la zone,

- dans certains cas d'un facteur complémentaire, nombre d'étoiles pour un hôtel, type de restauration.

Le Tableau 36 donne les valeurs de a et Nu, le Tableau 37 donne les valeurs de ah.

$Rat_{ECS}$  est déterminé de la façon suivante :

$$Rat_{ECS\_1} = Nu_{\text{syst1}} / Nu \quad \text{pour les logements et les autres usages}$$

Avec :

Nu surface totale ou total des lits, des repas, des chambres ou des douches selon l'usage, voir Tableau 36,

$Nu_{\text{syst1}}$  surface ou nombre de lits, de repas, de chambres ou de douches selon l'usage alimentés par le système 1.

Type d'usages	a	Nu
Maisons individuelles	$= (470.9 \ln(\text{Nu}) - 1075) / \text{Nu}$ si $\text{Nu} > 27 \text{ m}^2$ $= 17.7$ sinon	$\text{m}^2$ de surface habitable
Logements collectifs	$= (470.9 \ln(\text{Nu\_lgt}) - 1075) / \text{Nu\_lgt}$ si $\text{Nu\_lgt} \geq 27 \text{ m}^2$ $= 17.7$ sinon Avec $\text{Nu\_lgt} = \text{Nu}/\text{nbre\_lgt}$	$\text{m}^2$ de surface habitable totale
Hébergement	330	Nombre de lits
Établissement sanitaire sans hébergement	120	Nombre de lits
Établissement sanitaire avec hébergement - avec Blanchisserie.	1050	Nombre de lits
Établissement sanitaire avec hébergement - sans Blanchisserie.	665	Nombre de lits
Enseignement	Besoins d'eau chaude non pris en compte	
Bureaux		
Salles de spectacles, de conférences		
Commerces		
Restauration 2 repas par jour. Cuisine traditionnelle	255	Nombre de repas par service
Restauration 2 repas par jour. Self	95	Nombre de repas par service
Restauration 1 repas par jour. Cuisine traditionnelle	125	Nombre de repas par service
Restauration 1 repas par jour. Self	45	Nombre de repas par service
Hôtel - 1* - sans Blanchisserie	665	Nombre de chambres
Hôtel - 1* - avec Blanchisserie	830	Nombre de chambres
Hôtel - 2* - sans Blanchisserie	910	Nombre de chambres
Hôtel - 2* - avec Blanchisserie	1075	Nombre de chambres
Hôtel - 3* - sans Blanchisserie	1160	Nombre de chambres
Hôtel - 3* - avec Blanchisserie	1325	Nombre de chambres
Hôtel - 4* et GC - sans Blanchisserie	1405	Nombre de chambres
Hôtel - 4* et GC - avec Blanchisserie	1570	Nombre de chambres
Établissement sportif	1200	Nombre de douches installées
Stockage	Besoins d'eau chaude non pris en compte	
Industrie		
Transport		
Autre		

Tableau 36 : Besoins unitaires hebdomadaires d'eau chaude sanitaire à 40 °C

Le Tableau 37 présente les coefficients ah de la clé de répartition, pour chaque usage considéré et rappelle les jours de la semaine pendant lesquels ils s'appliquent.

Période	Logement & établis <sup>nts</sup> sanitaire et d'hébergement	Etablis <sup>nt</sup> sanitaire sans hébergement	Restauration cuisine traditionnelle et self		Hôtellerie	Etablis <sup>nt</sup> sportif
			1 repas par jour	2 repas par jour		
De 7 à 8 h	0,028				0,043	
De 8 à 9 h	0,029	0,05		0	0,029	0
De 9 à 10 h	0	0	0,08	0,04	0	0,05
De 10 à 11 h		0	0	0		0
De 11 à 12 h		0,05	0	0		0,05
De 12 à 13 h		0	0	0		0
De 13 à 14 h		0,05	0,12	0,06		0
De 14 à 15 h		0		0		0
De 15 à 16 h		0		0		0,05
De 16 à 17 h		0		0,04		0
De 17 à 18 h		0,05		0,06		0,05
De 18 à 19 h	0,029				0,043	
De 19 à 20 h	0				0,014	
De 20 à 21 h	0,028				0	
De 21 à 22 h	0,029				0	
De 22 à 23 h	0				0,014	
Jours par semaines	7	5 (du lundi au vendredi)	5 (du lundi au vendredi)		7	5 (du lundi au vendredi)

**Tableau 37 : coefficients horaires de soutirage et de répartition des quantités consommées**

## 11. COMPORTEMENT THERMIQUE D'UN GROUPE ET COUPLAGE AVEC LE SYSTEME D'EMISSION

### 11.1 MODELE THERMIQUE

#### 11.1.1 DESCRIPTION GLOBALE DU MODELE

Le modèle de calcul est fondé sur les simplifications du transfert de chaleur entre les environnements intérieur et extérieur reportées sur la figure suivante :

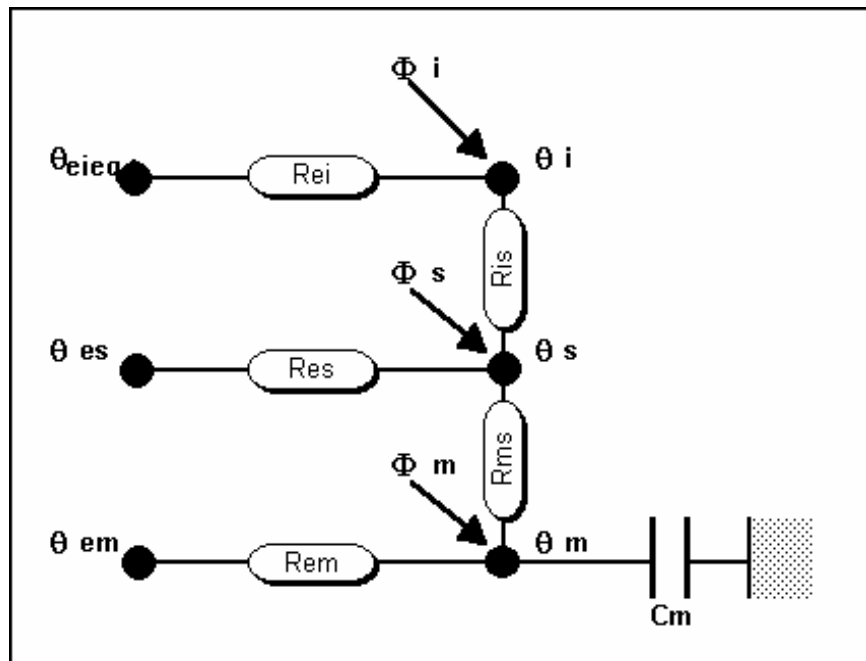


Figure 6 : Schéma du modèle de bâtiment

Selon cette représentation les composants de l'enveloppe sont répartis de la manière suivante :

- composants externes opaques,
- baies,
- composants internes.

Les nœuds associés sont définis par :

$\theta_i$  : température de l'air intérieur,

$\theta_s$  : moyenne de la température de l'air et de la température radiante moyenne pondérées par les coefficients d'échanges convectifs et radiatifs aux parois,

$\theta_m$  : température de masse,

$\theta_{ieiq}$  : température de l'air entrant dans le groupe,

$\theta_{es}$  : température d'air extérieur équivalente des baies,

$\theta_{em}$  : température d'air extérieur équivalente des composants externes opaques.

Les conductances équivalentes et la capacité thermique sont ainsi définies :

$H_{gei}$  : Facteur de transmission thermique dû à la ventilation ( $= 1/R_{ei}$ )

$H_{gis}$  : Facteur de transmission thermique dû aux échanges internes par convection et rayonnement ( $= 1/R_{is}$ )

$H_{ges}$  : Facteur de transmission thermique global entre les environnements intérieurs et extérieurs ( $= 1/R_{es}$ )

$H_{gms}$  : Facteur de transmission interne ( $= 1/R_{ms}$ )

$H_{gem}$  : Facteur de transmission entre l'environnement extérieur et la surface intérieure ( $= 1/R_{em}$ )

$C_m$  : capacité thermique du groupe (en kJ/K, déterminée selon la méthode décrite dans les règles Th-Bât dans leur partie inertie Th-I).

Les flux de chaleurs (W) considérés sont :

$\Phi_i$  : flux de chaleur au nœud d'air  $\theta_i$  dû aux sources internes ou au rayonnement solaire direct ou aux apports de chaleur convectifs dus à la lame d'air intérieure ventilée du vitrage

$\Phi_S$  : flux au nœud Star  $\theta_S$  dû aux sources internes ou au rayonnement solaire direct

$\Phi_m$  : flux au nœud de masse  $\theta_m$  dû aux sources internes ou au rayonnement solaire direct

Se référer aux règles Th-U pour les valeurs d'hiver.

### 11.1.2 CALCUL DES TEMPERATURES EXTERIEURES EQUIVALENTES :

Température d'air extérieur équivalente des baies :

$$(Eq 57) \theta_{es} = \theta_{ei} + \Phi_{sl} / H_{ges}$$

Température d'air extérieur équivalente des composants externes :

$$(Eq 58) \theta_{em} = \theta_{ei} + \Phi_{sh} (1/ H_{gem} + 1/ H_{gms} )$$

### 11.1.3 CALCUL DE LA CONDUCTANCE THERMIQUE DUE A LA VENTILATION ET DE $\theta_{EIEQ}$ :

$$(Eq 59) H_{gei} = m_{eq} \cdot ( C_a + C_v \cdot \omega_{eq} )$$

Avec :

$m_{eq}$  : la somme des débits entrants au niveau des parois extérieures, du débit soufflé d'air neuf et du débit en provenance d'autres groupes.

L'humidité spécifique équivalente de l'air :

$$(Eq 60) m_{eq} = \sum_j Q m a_j$$

$$(Eq 61) \omega_{eq} = \frac{\sum_j Q m a_j \cdot w_j}{\sum_j Q m a_j}$$

Enthalpie équivalente :

$$(Eq 62) h_j = (C_a + C_v \cdot w_j) \cdot T_j + H_{fg} \cdot w_j$$

$$(Eq 63) h_{eq} = \frac{\sum_j h_j \cdot Qma_j}{\sum_j Qma_j}$$

Dans l'équation (62), la température de l'air entrant par les entrées d'air sur une paroi donnant sur un local non chauffé,  $T_j$ , est remplacée par  $(\theta_i - b_{eq} \cdot (\theta_i - T_{ei}))$  dans le calcul de  $C_{ep}$  pour tenir compte de la température dans le local non chauffé où est pris l'air neuf.

Le coefficient de réduction de température  $b_{eq}$  est un coefficient équivalent pour l'ensemble des entrées d'air déterminé par  $(\sum b_i \cdot \text{module}_i) / \sum \text{module}_i$ .  $b_i$  est calculé conformément aux règles Th-U.

Température équivalente :

$$(Eq 64) \theta_{eieq} = \frac{h_{eq} - H_{fg} \cdot \omega_{eq}}{(C_a + C_v \cdot \omega_{eq})}$$

Avec : chaleurs massiques de l'air et de la vapeur

$$C_v = 1830 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$$

$$C_a = 1006 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$$

#### 11.1.4 CALCUL DES AUTRES CONDUCTANCES

$$(Eq 65) Hg_{is} = A_{t\text{groupe}} / (1/h_{ci} - 1/h_{is})$$

Avec :

$A_{t\text{groupe}}$  : surface totale interne d'échange

$$A_{t\text{groupe}} = 4.5 A_{GR}$$

$$\text{Et } h_{is} = h_{ci} + h_{rs}$$

$Hg_{es}$  correspond aux fenêtres

$$(Eq 66) Hg_{es} = \sum_{k=1}^w A_k U_k$$

$$(Eq 67) Hg_{ms} = h_{is} A_m$$

Avec :

$A_m$  : Surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance, déterminée selon la méthode décrite dans les règles Th-Bât dans leur partie inertie Th-I annexe 1.

$$(Eq 68) Hg_{em} = 1 / (1/H_{Th} - 1/Hg_{ms})$$

$H_{Th}$  facteur de transmission thermique correspond aux composants opaques donnant sur l'extérieur et aux ponts thermiques les concernant.

$$(Eq 69) H_{Th} = A_{bat\_op} \cdot U_{bat\_op}$$

nota : la transmittance d'une paroi  $U$  doit être calculée pour des valeurs de  $h_e$  et de  $h_i$  relatives aux conditions d'hiver.

$$h_{ci} = 2,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$h_{ri} = 5,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

$$h_{re} = 5,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

#### 11.1.5 DETERMINATION DE LA TEMPERATURE D'AIR ET DE LA TEMPERATURE OPERATIVE :

L'algorithme de calcul utilise le schéma de Crank-Nicholson en considérant un pas de temps d'une heure. Les températures sont moyennées entre les temps  $t$  et  $t-1$  sauf pour  $\theta_{m,t}$  et  $\theta_{m,t-1}$  qui sont les valeurs instantanées de la température de masse aux temps  $t$  et  $t-1$ .

Pour un pas de temps donné,  $\theta_{m,t}$  est calculé à partir de la valeur précédente  $\theta_{m,t-1}$  par :

$$(Eq 70) \theta_{m,t} = [\theta_{m,t-1} ( C_m / 3,6 - 0.5 (U_3 + Hg_{em}) ) + \Phi_{mtot}] / [C_m / 3,6 + 0.5 (U_3 + Hg_{em})]$$

Pour un pas de temps donné, les valeurs moyennes des températures aux nœuds sont données par :

$$(Eq 71) \theta_m = (\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}) / 2$$

$$(Eq 72) \theta_s = [ Hg_{ms} \theta_m + \Phi_s + Hg_{es} \theta_{es} + U_1 (\theta_{eieq} + \Phi_i / Hg_{ei}) ] / ( Hg_{ms} + Hg_{es} + U_1 )$$

$$(Eq 73) \theta_i = [Hg_{is} \theta_s + Hg_{ei} \theta_{eieq} + \Phi_i] / (Hg_{is} + Hg_{ei})$$

et la température opérative (moyenne entre la température de l'air et la température radiante moyenne) par :

$$(Eq 74) \theta_{op} = P_{top} \theta_s + (1 - P_{top}) \theta_i$$

Avec :

$$P_{top} = 0.5 * (1 + h_{ci} / h_{rs})$$

$$h_{rs} = 1.2 h_{ri}$$

$$U_1 = 1 / ( 1 / Hg_{ei} + 1 / Hg_{is} )$$

$$U_2 = U_1 + Hg_{es}$$

$$U_3 = 1 / ( 1 / U_2 + 1 / Hg_{ms} )$$

$$(Eq 75) \Phi_{mtot} = \Phi_m + Hg_{em} \theta_{em} + U_3 [\Phi_s + Hg_{es} \theta_{es} + U_1 (\Phi_i / Hg_{ei} + \theta_{eieq})] / U_2$$

### 11.1.6 DETERMINATION DE LA DEPERDITION CONVENTIONNELLE PAR LES PAROIS ET LE RENOUELEMENT D'AIR

H déperdition moyenne par les parois externes et le renouvellement d'air

$$H = H_T + 0.34 * Q_{vnom\_occ} \quad Eq 76) \quad \text{avec } H_T = H_{th} + H_{es}$$

Avec  $Q_{vnom\_occ}$  pris conventionnellement égal

- 1) au débit nominal en occupation pour la ventilation mécanique
- 2) au débit nominal en occupation pour la ventilation mécanique de référence pour la ventilation naturelle par conduits
- 3) au débit nominal en occupation pour la ventilation mécanique de référence pour la ventilation hybride
- 4) au débit d'hygiène pour l'aération par ouverture des fenêtres



## 11.2 CALCULS DES RAYONNEMENTS SOLAIRE ET DE GRANDE LONGUEUR D'ONDE INCIDENTS ET DES FLUX TRANSMIS

### 11.2.1 RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL ATTEIGNANT UNE PAROI

Le rayonnement solaire global atteignant la paroi s'écrit alors :

$$(Eq\ 77) I_{sr} = FfDir.Drp + FfDiff.Dfp + Rrp$$

Avec :

FfDir : facteur d'affaiblissement du rayonnement direct,

FfDiff : facteur d'affaiblissement du rayonnement diffus,

Drp : composante directe du rayonnement solaire atteignant la surface,

Dfp : composante diffuse du rayonnement solaire atteignant la surface,

Rrp : composante réfléchie du rayonnement solaire atteignant la surface.

#### 11.2.1.1 Rayonnement solaire sur une paroi nue

La donnée d'entrée étant le rayonnement direct normal,  $I_{Dn}$ , on calcule l'angle entre ce rayonnement et la normale à la paroi. On en déduit le rayonnement sur le plan étudié, Drp.

$$\delta = 23,45.\sin[(0,986.(-15+365/12.\text{mois})-80).\pi/180].\pi/180 \quad (Eq\ 78)$$

$$asol = \pi(h-12)/12$$

$$\gamma = \text{Max}(10^{-5}; \text{asin}(\cos\delta.\cos(lat).\cos(asol) + \sin\delta.\sin(lat)))$$

$$\psi = \text{acos}[(\cos\delta.\sin(lat).\cos(asol) - \sin\delta.\cos(lat))/\cos\gamma]$$

$$\theta = \text{Min}(\pi/2; \text{acos}(\cos\gamma.\sin\beta.\cos(\psi-\alpha) + \sin\gamma.\cos\beta))$$

Le rayonnement direct sur la paroi. Est égal à :

$$Drp = \cos\theta . I_{Dn}$$

Nota : - Dans les formules ci-dessus, les angles sont exprimés en radians.

- en zone H1<sub>a</sub>, latitude 48,77° ,
- en zone H1<sub>b</sub>, latitude 48,58° ,
- en zone H1<sub>c</sub>, latitude 46,3° ,
- en zone H2<sub>a</sub>, latitude 48,07° ,
- en zone H2<sub>b</sub>, latitude 46,15° ,
- en zone H2<sub>c</sub>, latitude 44,18° ,
- en zone H2<sub>d</sub>, latitude 44,08° ,
- en zone H3, latitude 43,65° .

### 11.2.1.2 Calcul du rayonnement solaire diffus

Compte tenu de l'hypothèse d'isotropie du rayonnement diffus, le rayonnement atteignant la paroi,  $D_{fp}$ , n'est fonction que de son inclinaison et du rayonnement diffus isotrope,  $I_{di}$ .

$$(Eq\ 79)\ D_{fp} = I_{di} \cdot 0,5 (1 + \cos\beta)$$

### 11.2.1.3 Calcul du rayonnement solaire réfléchi par le sol

Compte tenu de l'hypothèse d'isotropie du rayonnement réfléchi par le sol, le rayonnement réfléchi atteignant la paroi,  $R_{rp}$ , n'est fonction que de son inclinaison, de l'albédo du sol et du rayonnement global horizontal,  $I_{Dh} + I_{di}$ .

$$(Eq\ 80)\ R_{rp} = (I_{Dh} + I_{di}) \cdot alb \cdot 0,5 (1 - \cos\beta) \quad \text{avec : } I_{Dh} = I_{Dn} \cdot \sin\gamma \text{ et } alb = 0,2$$

$\alpha$	: orientation de la paroi (0 : sud ; 90 : ouest ; 180 : nord ; 270 : est),
$\beta$	: inclinaison de la paroi (0 : horizontale ; 90 : verticale),
lat	: latitude,
$\delta$	: déclinaison,
$\gamma$	: hauteur du soleil,
$\psi$	: orientation du soleil par rapport au sud,
$\theta$	: angle du rayonnement solaire incident par rapport à la normale à la paroi,
$\Phi$	: angle azimutal ( $\psi - \alpha$ ),
h	: heure,
asol	: heure en radian,
$I_{Dh}$	: rayonnement direct horizontal ( $W \cdot m^{-2}$ ),
$D_{rp}$	: rayonnement direct sur la paroi ( $W \cdot m^{-2}$ ),
$I_{Dn}$	: rayonnement direct normal ( $W \cdot m^{-2}$ ),
$I_{di}$	: rayonnement diffus isotrope ( $W \cdot m^{-2}$ ),
$D_{fp}$	: rayonnement diffus sur la paroi ( $W \cdot m^{-2}$ ),
$R_{rp}$	: rayonnement réfléchi par le sol sur la paroi ( $W \cdot m^{-2}$ ),
$I_{sr}$	: rayonnement solaire global atteignant la paroi ( $W \cdot m^{-2}$ ).

## 11.2.2 PRISE EN COMPTE DES MASQUES FIXES

### 11.2.2.1 Nature des masques

La caractérisation des masques impose que l'on recherche un juste équilibre entre la précision souhaitée pour les résultats et le temps passé à les caractériser. Ainsi, seuls les masques destinés aux parois vitrées sont caractérisés. On retient deux types de masques :

- masque proche horizontal considéré comme infini, caractérisé par l'angle entre le milieu de la paroi et le débord de masque,
- masque lointain de type plan vertical éloigné, caractérisé par l'angle sous lequel le masque est vu.

Les masques horizontaux limités à la largeur de la paroi étudiée sont considérés comme infinis lorsque le rapport entre leur largeur et la hauteur de la partie masquée est supérieur à 1.

### 11.2.2.2 Masque proche horizontal :

On peut considérer le masque juxtant la paroi ou en étant légèrement éloigné (ABCD est le plan vertical contenant le rayon solaire).

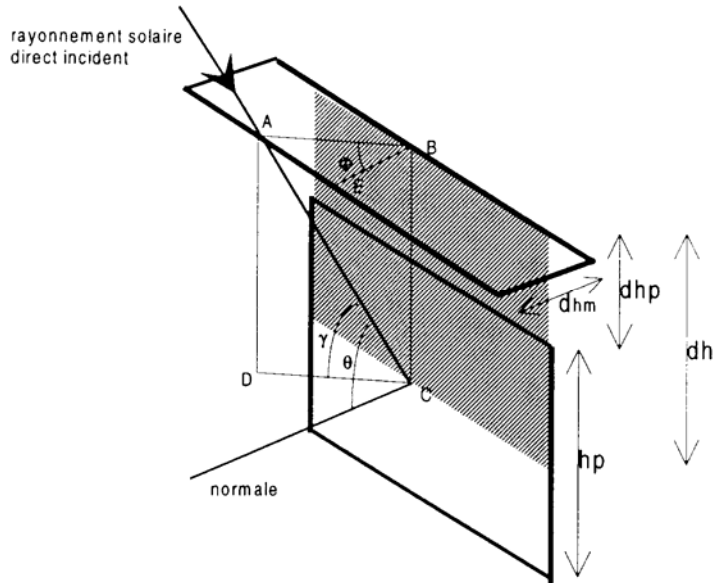


Figure 7 : masque proche horizontal

Pour le rayonnement direct

$$\Phi = \psi - \alpha$$

$$\cos\Phi = BE/AB \quad \tan\gamma = BC/AB$$

$$d_{hm}/d_h = BE/BC = (BE/AB) \cdot (AB/BC) = \cos\Phi / \tan\gamma$$

$$d_h = \text{Max} (0 ; d_{hm} \cdot \tan\gamma / \cos\Phi)$$

$$\text{(Eq 81 ) } f_h = \text{Min} [ \text{Max} (0 ; [1 - (d_h - d_{hp})/h_p]) ; 1 ]$$

Pour le rayonnement diffus

Soit  $\theta_g$  l'angle sous lequel le point central de la fenêtre voit le ciel :

$$\theta_g = \text{Atang}(((h_p/2) + d_{hp})/d_{hm})$$

$$\text{(Eq 82 ) } F_{f\text{Diff}} = \theta_g / 90$$

Le masque est caractérisé par l'angle  $\text{ang}_{\text{mph}}$  entre le milieu de la paroi et le débord de masque. Les équations ci-dessus sont appliquées en prenant les valeurs suivantes :

$$d_{hp} = 0$$

$$h_p = 2$$

$$d_{hm} = \text{tang } \text{ang}_{\text{mph}}$$

### 11.2.2.3 Masque lointain de type plan vertical :

Le calcul géométrique est équivalent à celui de la protection horizontale en considérant :

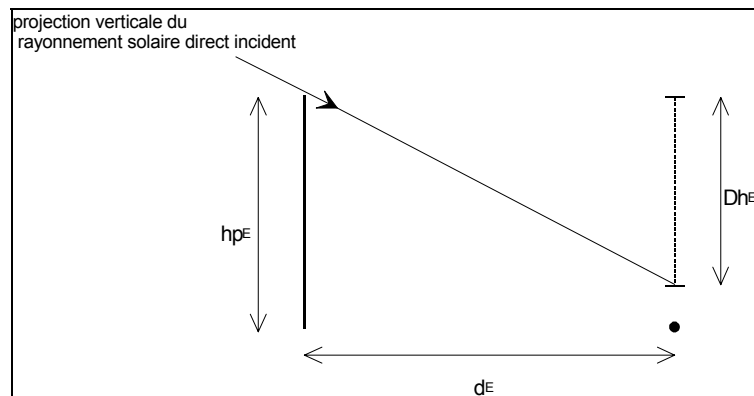


Figure 8 : Plan vertical éloigné

nous avons donc :

$$dh_E = d_E \cdot \tan \gamma / \cos \Phi$$

$$\text{si } dh_E > hp_E \quad f_E = 1$$

$$\text{si } dh_E < hp_E \quad f_E = 0$$

(Eq 83)

La donnée d'entrée de la méthode de calcul est l'angle  $ang_{ml}$  sous lequel le masque est vu, avec comme valeur 0 s'il n'y a pas de masque.

L'angle de masque lointain,  $ang_{ml}$ , est tel que  $\tan ang_{ml} = hp_E / d_E$

Les équations ci-dessus sont appliquées en prenant :

$$d_E = 1$$

$$hp_E = \tan ang_{ml}$$

Remarques :

Ce calcul peut être utilisé pour déterminer l'influence de ce même masque sur une paroi horizontale. Il faut alors donner l'orientation du masque.

### 11.2.2.4 Facteur d'affaiblissement global du rayonnement direct

Pour une paroi considérée, le facteur d'affaiblissement du direct  $FfDir$  est :

$$\text{(Eq 84) } FfDir = f_E \cdot f_h$$

nota : Si  $\beta$  est différent de  $90^\circ$  (paroi non verticale),  $f_h = 1$  car on considère qu'il n'y a pas de masque proche.

### 11.2.3 GESTION MANUELLE DES PROTECTIONS SOLAIRES

En secteur résidentiel, on considère que les protections mobiles ne sont pas mises en place pour le calcul de C.

En secteur non résidentiel, le taux de couverture des baies par des protections solaires mobiles,  $P_{lin}$ , dépend de l'ensoleillement sur la baie,  $I_{sr}$  [ $W/m^2$ ], déterminé au § 11.

Si la zone est inoccupée, la position de la protection solaire retenue est celle observée en dernière heure d'occupation.

En revanche, l'expression, du taux de couverture des baies par des protections solaires mobiles, est la suivante :

$$(Eq 85) P_{lin} = \min (0.5 ; 10^{-3} I_{sr})$$

Cette formule a été établie avec l'hypothèse d'une efficacité lumineuse du rayonnement solaire égale à 100 lm/W. Cette formule correspond à un indice de protection solaire de 0,0 en éclairage nul et à un indice de protection solaire de 0,5 pour un éclairage sur un plan vertical extérieur supérieur à 500 W/m<sup>2</sup>.

Le calcul est mené sur un pas de temps horaire.

Nota : On ne tient pas compte du taux de transmission lumineux du vitrage, car on considère qu'il y a éblouissement des occupants quel que soit le taux de transmission lumineux de la baie. La réaction estimée des occupants est l'abaissement manuel des stores, aucun système de gestion n'étant pris en compte initialement.

#### 11.2.4 CALCUL DES FLUX SOLAIRES ET DE GRANDE LONGUEUR D'ONDE VERS LA VOUTE CELESTE TRANSMIS AU LOCAL

##### 11.2.4.1 Définitions et nomenclature

w : nombre de composants vitrés,

h : nombre de composants opaques,

Sf : facteur solaire de chaque composant opaque,

Sw1<sub>sp</sub> : facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie sans protection solaire,

Sw2<sub>sp</sub> : facteur solaire, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie sans protection solaire,

Sw3<sub>sp</sub> : facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie sans protection solaire,

Sw1<sub>ap</sub> : facteur solaire, composante courte longueur d'onde (directe), de la baie avec protection solaire,

Sw2<sub>ap</sub> : facteur solaire, composante grande longueur d'onde + convective, de la baie avec protection solaire,

Sw3<sub>ap</sub> : facteur solaire, composante liée à la lame d'air intérieure ventilée, de la baie avec protection solaire,

Isr : intensité du rayonnement solaire atteignant la surface,

Fif : facteur de perte solaire des fenêtres,

Qer : densité de flux de chaleur de l'environnement extérieur vers la voûte céleste [W/m<sup>2</sup>],

Conventionnellement les valeurs de Sw1<sub>sp</sub>, Sw1<sub>ap</sub> et de Fif sont prises égales à 0. Le facteur solaire global est réparti à égalité sur la composante grande longueur d'onde et convective, Sw2<sub>sp ou ap</sub>, et la composante liée à la lame d'air ventilée Sw3<sub>sp ou ap</sub>.

$$Sw2_{sp \text{ ou } ap} = 0.5 * Sw_{sp \text{ ou } ap}$$

$$Sw3_{sp \text{ ou } ap} = 0.5 * Sw_{sp \text{ ou } ap}$$

Nota : cette simplification est conforme aux §3.92 des règles Th-S.

### 11.2.4.2 Flux solaires et GLO absorbés par les parois extérieures

Le flux de chaleur transmis au local dû au rayonnement solaire absorbé et au rayonnement froid vers la voûte céleste des composants transparents est donné par :

$$\Phi_{sl} = \sum_{k=1}^w [ A ((1-P_{lin}) Sw2_{sp} I_{sr} + P_{lin} Sw2_{ap} I_{sr} + Q_{er} \cos\beta U_{baie}/h_e)]_k \quad (\text{Eq 86})$$

avec :

$$Q_{er} = h_{re} \cdot (T_{eciel} - \theta_{ei})$$

Hre coefficient d'échange surfacique extérieur par rayonnement [W/(m<sup>2</sup>.K)],

$\beta$  angle d'inclinaison du composant externe.

$$(\text{Eq 87}) Sw2_{sp} = Sw_{sp} - Sw3_{sp}$$

$$(\text{Eq 88}) Sw2_{ap} = Sw_{ap} - Sw3_{ap}$$

Le rayonnement froid vers la voûte céleste d'une paroi verticale se compense avec le rayonnement réfléchi par le sol, il donc est considéré comme nul.

Le flux de chaleur transmis au local dû au rayonnement solaire absorbé et au rayonnement froid vers la voûte céleste des composants opaques est donné par :

$$(\text{Eq 89}) \Phi_{sh} = \sum_{k=1}^5 [ A ( S_f I_{sr} + Q_{er} \cos\beta U_{bat_{op}}/h_e)]_k$$

### 11.2.4.3 Flux solaires transmis par les baies:

Le flux de chaleur dû au rayonnement solaire transmis par l'augmentation de température de l'air traversant les lames d'air intérieures ventilées est donné par :

$$(\text{Eq 90}) \Phi_{svl} = \sum_{k=1}^w [ A ( Sw3_{sp}(1-P_{lin}) I_{sr} + Sw3_{ap}(P_{lin}) I_{sr}) ]_k$$

**11.3 FLUX TRANSMIS AUX NŒUDS DE TEMPERATURES :**

Les flux de chaleur aux nœuds de température sont donnés par :

$$\Phi_i = \Phi_{svl} + F_{intc} + F_{sysc} + F_{recup}$$

$$\Phi_s = P_{rs} \cdot F_{intr} \quad (\text{Eq 91})$$

$$\Phi_m = P_{rm} \cdot F_{intr}$$

Avec :

$F_{recup}$  : Part récupérable des pertes du réseau d'eau chaude (ECS et chauffage) §15, §13.1.3.4, du réseau d'eau froide §13.1.3.4 et des stockages §16.3, et la part récupérable des consommations des auxiliaires §12.3 et de la génération §17.6.3.8.3. On ajoute également la part récupérable sur le système solaire thermique § 18.7. Ces parts récupérables sont réparties dans les différents groupes au prorata de leur surface.

$F_{intc}$  : Flux convectif dû à des sources internes

$F_{intr}$  : Flux radiatif dû à des sources internes

$F_{sysc}$  : Flux récupéré des pertes du système de climatisation

$P_{rs}$  : part radiative des apports internes aux nœuds  $\theta_s$ .

$$P_{rs} = (A_{t\text{groupe}} - A_m - H_{ges} / h_{is}) / A_{t\text{groupe}} \quad (\text{Eq 92})$$

$P_{rm}$  : part radiative des apports internes aux nœuds  $\theta_m$ .

$$P_{rm} = A_m / A_{t\text{groupe}} \quad (\text{Eq 93})$$

#### 11.4 COUPLAGE DU GROUPE AVEC LE SYSTEME D'EMISSION

On fait le lien entre la demande de chaud ou de froid du groupe et les apports du système d'émission pour le respect des consignes. Dans la procédure de couplage on utilise un système parfait.

Le comportement du groupe est établi par sa droite  $P_{\text{sys}} = \theta_i * A + B$

A et B sont calculés à l'aide de deux points de fonctionnement, respectivement pour un flux nul (évolution naturelle) et pour un flux convectif de  $10 \text{ W/m}^2$ .

Soit  $\theta_{\text{in}}$ , la température d'air intérieure pour une puissance émise nulle calculée avec le modèle du groupe.

Dans la zone neutre, la puissance émise par le système est nulle, soit  $\theta_{\text{ich}} < \theta_{\text{in}} < \theta_{\text{ifr}}$

avec :  $\theta_{\text{ich}}$  température de consigne en chauffage

$\theta_{\text{ifr}}$  température de consigne en refroidissement

La puissance à injecter sur le nœud  $\theta_i$  pour le respect des consignes en chaud et en refroidissement est calculée comme suit :

Si  $\theta_{\text{in}} < \theta_{\text{ich}}$      $P_{\text{sys}} = \theta_{\text{ich}} * A + B$     mode chauffage

Si  $\theta_{\text{in}} > \theta_{\text{ifr}}$      $P_{\text{sys}} = \theta_{\text{ifr}} * A + B$     mode refroidissement.



## 12. EMISSION DE CHALEUR ET DE FROID

L'émission de chaleur et de froid prend en compte les effets suivants :

- 1) L'efficacité de l'émetteur en termes d'homogénéité des températures dans le local et de la régulation de l'émission de chaleur et de froid. Ceci est traduit par une variation spatio-temporelle de température du point de consigne.
- 2) L'impact du redémarrage du chauffage et du froid avant l'occupation des locaux. Ceci est traduit par une durée de relance avant l'occupation (modification du point de consigne).
- 3) L'impact des ventilateurs de brassage locaux. Ceci est traduit par des gains internes et une consommation d'énergie électrique.
- 4) En mode refroidissement, l'impact de la déshumidification de l'air. Ceci est traduit par une énergie supplémentaire à fournir.
- 5) Les pertes au dos des émetteurs. Ceci est traduit par une énergie supplémentaire à fournir.
- 6) L'existence de plusieurs types d'émetteurs dans un même groupe. Ceci est pris en compte par la définition d'un système équivalent.

### 12.1 VARIATIONS SPATIALE ET TEMPORELLE DE LA TEMPERATURE DE CONSIGNE

Les températures intérieures de consigne initiales des différentes périodes sont définies dans le Tableau 6 et le Tableau 7 comme des données d'entrée sur la base d'un scénario temporel. Dans la pratique la température réelle dépend de la capacité du couple formé par le système de climatisation et son dispositif de régulation à assurer une température homogène et ne variant pas.

La température de consigne de chauffage,  $\theta_{ich}$ , est calculée par la formule suivante :

$$\theta_{ich} = \theta_{iich} + \delta\theta_{vsch} + \delta\theta_{vtch} \quad (\text{Eq 94})$$

La température de consigne de refroidissement,  $\theta_{ifr}$ , est calculée par la formule suivante :

$$\theta_{ifr} = \theta_{iifr} + \delta\theta_{vsfr} + \delta\theta_{vtfr} \quad (\text{Eq 95})$$

avec :

- $\theta_{iich}$  température initiale de consigne de chauffage donnée dans le Tableau 6,
- $\theta_{iifr}$  température initiale de consigne de refroidissement donnée dans le Tableau 7,
- $\delta\theta_{vsch}$  variation spatiale de température en mode chauffage,
- $\delta\theta_{vsfr}$  variation spatiale de température en mode refroidissement,
- $\delta\theta_{vtch}$  variation temporelle de température en mode chauffage,
- $\delta\theta_{vtfr}$  variation temporelle de température en mode refroidissement.

Ce sont ces températures de consigne qui sont utilisées dans les autres calculs en lieu et place des températures initiales.

Nota : Le supplément de température dû à l'équilibrage est nul pour les systèmes de chauffage sans réseau de distribution de la chaleur. En l'absence de données suffisantes sur les valeurs en présence de réseau de distribution, ce supplément est également considéré comme nul dans cette version des règles Th-CE 2005.

Pour les périodes de recoupement de la saison de chauffage et de la saison de refroidissement, on pose :

$$\text{Si } \theta_{ifr} < \theta_{ich} \quad \text{alors } \theta_{ifr} = \theta_{ich}$$

### 12.1.1 VARIATIONS SPATIALES

La variation spatiale dépend du type d'émetteur utilisé et de la hauteur sous plafond.

Le Tableau 38 et le Tableau 39 indiquent la classe de variation spatiale à utiliser en fonction du type d'émetteur et de la hauteur sous plafond.

Classes de variation spatiale en chaud Cvsc	Émetteur	Variations spatiales (K)			
		locaux de moins de 4 m sous plafond	locaux de 4 à 6 m sous plafond	locaux de 6 à 8 m sous plafond	locaux de plus de 8 m sous plafond
A	Plancher chauffant	0	0	0	0
B	Soufflage d'air chaud avec reprise < 3m du sol Émetteurs avec brassage en position basse (Ventilo-convecteurs,...) Émetteurs rayonnants Émetteurs basse température Plafonds rayonnants Cassettes et tubes à plus de 4m du sol	0,2	0,8	1,2	1,6
C	Autres émetteurs	0,4	1,2	2,0	2,8

**Tableau 38 : Variations spatiales par type d'émetteur et classes correspondantes en mode chauffage**

Classes de variation spatiale en froid Cvsf	Émetteur	Variations spatiales (K)			
		locaux de moins de 4 m sous plafond	locaux de 4 à 6 m sous plafond	locaux de 6 à 8 m sous plafond	locaux de plus de 8 m sous plafond
A	Plancher froid	0	0,4	0,8	1,2
B	Emetteurs avec brassage en position basse et soufflage d'air en position basse	0	0,2	0,4	0,6
C	Autres émetteurs	0	0	0	0

**Tableau 39 : Variations spatiales par type d'émetteur et classes correspondantes en mode refroidissement**

**12.1.2 PRECISION DE LA REGULATION TERMINALE (VARIATIONS TEMPORELLES)**

La précision de la régulation dépend du type d'émetteur et du type de régulation qui lui est associé (couple « régulateur/émetteur »).

**12.1.2.1 Caractérisation des produits**

Le Tableau 40 indique pour différents types de produits les normes applicables et les certifications utilisables pour les caractériser.

	<b>Norme applicable</b>	<b>Certification</b>	<b>Commentaire</b>
Émetteur électrique direct	NF EN 60 675	NF Performance catégorie C	L'arrêté impose une amplitude de régulation inférieure à 0,5 K et une dérive en charge inférieure à 1,5 K
Robinet thermostatique	NF EN 215	CENCER	Non applicable à certains produits
Thermostat d'ambiance pour unités terminales	En attente : travaux du Cen TC247	Certification EUBAC	La norme définit la valeur de la précision de la régulation (CA)
Thermostat d'ambiance	NFC 47 110	NF Performance	
Couple émetteur/régulateur particulier	Avis technique		La valeur de variation temporelle peut être donnée dans l'avis technique

**Tableau 40: Normes et certifications applicables à la régulation par local**

Le tableau 43 indique la précision de la régulation en fonction du type de couple « régulateur/émetteur ». Sauf indication contraire les valeurs correspondent à une régulation par local.

Couple régulateur/émetteur	Précision de la régulation	
	En chaud	En froid
Valeurs par défaut des régulations ne permettant pas un arrêt total de l'émission	2.0	-2.0
Valeurs par défaut des régulations permettant un arrêt total de l'émission	1.8	-1.8
Émetteur électrique direct avec thermostat intégré certifié	0.9	-----
Régulation terminale certifiée	Valeur de CA	Valeur de CA
Robinet thermostatique certifié	1.2	-----

**Tableau 41 : Précision des couples régulateur/émetteur**

Des valeurs différentes peuvent être prises pour des produits en cas de certification de la valeur.

Les planchers chauffants ont une forte capacité d'auto régulation et conduisent à un faible écart entre température d'air et température résultante, on leur appliquera la classe de performance indiquée dans le tableau ci-dessus même s'ils sont seulement munis d'une régulation par zone.

## 12.2 PROGRAMMATION

On prédétermine la durée de relance en fonction du type de programmateur.

- Horloge à heure fixe, correspondant à un décalage de courbe de chauffe en fonction de la température extérieure,
- Horloge à heure fixe avec contrôle d'ambiance,
- Optimiseur.

Type de programmation	Durée de relance (nuit en semaine)	Durée de relance (lundi matin)
Horloge à heure fixe	2h	6h
Horloge à heure fixe avec contrôle d'ambiance	2h	4h
Optimiseur	1h	3h pour la température de base avec une variation linéaire en fonction de la température extérieure

**Tableau 42 : Durées de relance en chauffage**

Type de programmation	Durée de relance (nuit en semaine)	Durée de relance (lundi matin)
Horloge à heure fixe	1h	3h
Horloge à heure fixe avec contrôle d'ambiance ?	1h	2h
Sans horloge	Fonctionnement permanent	Fonctionnement permanent

**Tableau 43 : Durées de relance en refroidissement**

Calcul de la durée de relance en présence d'optimiseur le lundi matin :

Au pas de calcul 'début de la période d'occupation – 3h' on calcule la durée de relance optimisée.

Pour cela, on considère que :

- d'une part lorsque la température extérieure est inférieure ou égale à la température de base la durée de relance est égale à trois heures,
- d'autre part lorsque la température extérieure est supérieure ou égale à 15°C la durée de relance est nulle.

Lorsque la température extérieure est comprise entre la température de base et 15°C, la durée de relance est calculée par interpolation linéaire en arrondissant la durée de relance trouvée à la valeur entière la plus proche.

## 12.3 CONSOMMATIONS ET APPORTS INTERNES DUS AUX EMETTEURS LOCAUX

La consommation électrique des ventilateurs locaux, pour les appareils carrossés et les appareils gainés, est calculée par :

$$Q_{\text{ventloc}} = P_{\text{ventloc}} \cdot F_{\text{CRVL}} \quad (\text{Wh}) \quad (\text{Eq 96})$$

$P_{\text{ventloc}}$  : puissance du ventilateur (W). Pour les ventilateurs à plusieurs vitesses, on retient la puissance correspondant à la vitesse la plus basse,

$F_{\text{CRVL}}$  : facteur de correction gestion et régulation des ventilateurs locaux, issu du Tableau 44.

L'énergie récupérable sur les ventilateurs est égale à

$$Q_{\text{ventloc\_rec}} = Q_{\text{ventloc}} \cdot \text{Tauxrec}_{\text{ventloc}}$$

Type de gestion ventilateur local	Tgvl	F <sub>CRVL</sub>
Fonctionnement permanent possible du ventilateur en période de chauffage du bâtiment	1	1
Ventilateur arrêté pendant la phase arrêt du chauffage (intermittence de chauffage)	2	0 (pendant la phase arrêt) 1 (pendant les autres phases)
Ventilateur arrêté pendant la phase arrêt et régulé en fonction des besoins sinon	3	0 (pendant la phase arrêt) 0.5 (pendant les autres phases)

**Tableau 44 : Facteur de gestion du fonctionnement des ventilateurs locaux liés au chauffage**

La phase arrêt est la période d'inoccupation hors phase de relance pour laquelle la demande de chauffage du groupe est nulle.

Type de gestion ventilateur local	Tgvl	F <sub>CRVL</sub>
Fonctionnement permanent possible du ventilateur en période de refroidissement du bâtiment	1	1
Ventilateur arrêté pendant la phase arrêt (intermittence du refroidissement)	2	0 (pendant la phase arrêt) 1 (pendant les autres phases)
Ventilateur arrêté pendant la phase arrêt et régulé en fonction des besoins sinon	3	0 (pendant la phase arrêt) 0.5 (pendant les autres phases)

**Tableau 45 : Facteur de gestion du fonctionnement des ventilateurs locaux liés au refroidissement**

La phase arrêt est la période d'inoccupation hors phase de relance pour laquelle la demande de refroidissement du groupe est nulle.

## 12.4 CALCUL DES DEBITS LOCAUX ET DU BILAN HYDRIQUE

### 12.4.1 PRESENTATION

Ce paragraphe permet de calculer les débits locaux ainsi que l'évolution de l'humidité spécifique intérieure et la puissance latente correspondante pour un système en recyclage local (ventilo-convecteur par exemple).

Le bilan hydrique du groupe pour une durée donnée correspond :

- à la masse d'eau dans l'air entrant et dans l'air sortant,
- aux apports internes d'humidité,
- à la déshumidification éventuelle sur la batterie froide.

L'inertie hygroscopique des locaux est négligée.

Pour la déshumidification, la batterie est représentée à l'aide d'un facteur de bypass : l'air sortant de la batterie est considéré comme un mélange d'air à saturation à la température de la batterie,  $T_{batt}$ , et d'air non affecté par son passage.

Le débit d'air en contact direct avec la batterie, que l'on appelle le débit de recirculation requis, est dépendant de la puissance sensible à fournir au local et de la température de surface de la batterie.

Cette dernière est égale à la température de distribution augmentée de 2K pour prendre en compte le différentiel entrée sortie.

$$P_{sensref_{Req}} = P_{sys} * Rat_{em} \quad (Eq\ 97)$$

$$(Eq\ 98) \quad Q_{mrecirc_{Batt}} = P_{sensref_{Req}} / (Cpa * (Ti - T_{batt}))$$

$Q_{mrecirc_{Batt}}$	le débit de recirculation requis sur la batterie (kg/s),
$P_{sys}$	puissance sensible à fournir dans le groupe (Wh), issue de 11.4,
$P_{sensref_{Req}}$	puissance sensible à fournir par un émetteur (Wh),
$Cpa$	chaleur massique de l'air sec, J/kg/K,
$T_{Batt}$	température de surface de la batterie, °C,
$Ti$	température intérieure, °C,
$Rat_{em}$	ratio voir §12.6

### En mode refroidissement

Le fonctionnement des émetteurs dépend du type de régulation de la batterie froide  $Trbf$  :

	Température de la batterie froide quand le système refroidit	$Trbf$
Alimentation en eau de la batterie régulée de façon progressive	Température variable	1
Autre cas	Température constante	0

**Tableau 46 : typologie pour la régulation de la température de batterie froide**

- Débit d'eau variable dans la batterie en fonction des besoins :  $Trbf = 1$

Le débit d'air brassé est égal à :

$$Q_{vrecirc_{Batt}} = A_{gr} * Rat_{em} * 15 \quad [m^3/h] \quad (Eq\ 99)$$

$$Q_{mrecirc_{Batt}} = A_{gr} * Rat_{em} * 15 * \rho_{int} / 3600 \quad [kg/s] \quad (Eq\ 100)$$

$$T_{Batt} = Ti - (P_{sensref_{Req}} / (Q_{mrecirc_{batt}} * Cpa)) \quad (Eq\ 101)$$

$\rho_{int}$	la masse volumique de l'air ( $kg/m^3$ ), calculée à partir de $Ti$ et de $w_{in_{prev}}$ ,
$A_{gr}$	surface du groupe ( $m^2$ ).

- Autres cas ( Débit d'eau constant ou tout ou rien, fonctionnement du ventilateur en tout ou rien ou modulé selon l'écart à la consigne),  $Trbf = 0$

On entre  $T_{batt}$  qui correspond à la température de batterie, le débit d'eau étant constant.  $T_{Batt}$  est égale à la température moyenne de dimensionnement du Tableau 51 selon la valeur de la classe de température de distribution en froid, augmentée de 2°C.

Par défaut on retient la température basse au sens du Tableau 51.

$Q_{mrecirc_{Batt}}$  est calculé pour satisfaire les besoins,  $P_{sensref_{Req}}$ , à l'aide de la formule [97],  $Q_{vrecirc_{Batt}}$  est calculé à l'aide de  $Ti$  et  $w_{in_{prev}}$ .

## En mode chauffage

Par défaut  $T_{\text{Batt}} = 40^{\circ}\text{C}$ .

$Q_{\text{mrecircBatt}}$  est calculé pour satisfaire les besoins,  $P_{\text{sensrefReq}}$ , à l'aide de la formule [97],

### 12.4.2 PRINCIPE DU CALCUL POUR UN EMETTEUR

La variation d'humidité spécifique dans le groupe pour chaque émetteur est égale à :

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{(\text{Rat}_{\text{em}} * \text{Deb} (w_{\text{entr}} - w_i) + \text{Rat}_{\text{em}} * a_i + Q_{\text{mrecircBatt}} * \min(0 ; (w_{\text{sat}} - w_i)))}{(\text{Rat}_{\text{em}} * V * \rho_{\text{int}})} \quad (\text{Eq 102})$$

$w_i$  l'humidité spécifique intérieure (kg/kg as),

$w_{\text{entr}}$  l'humidité spécifique de l'air entrant (kg/kg as),

$w_{\text{finprev}}$  l'humidité spécifique à la fin du pas de temps précédent (kg/kg as),

$a_i$  les apports internes d'humidité (kg/s),

$V$  le volume du groupe ( $\text{m}^3$ ),

$w_{\text{sat}}$  l'humidité spécifique à saturation pour la température de batterie (kg/kg as),

$t$  temps (h),

$\text{Deb}$  le débit d'air entrant (ou sortant) dans le groupe (kg/s). Ce débit est la somme du débit dû aux défauts d'étanchéité et aux entrées d'air, du débit issu d'autres groupes et du débit soufflé par une CTA.

On distingue alors deux cas :

quand  $w_i > w_{\text{sat}}$

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{(\text{Rat}_{\text{em}} * \text{Deb} (w_{\text{entr}} - w_i) + \text{Rat}_{\text{em}} * a_i + Q_{\text{mrecircBatt}} * (w_{\text{sat}} - w_i))}{(\text{Rat}_{\text{em}} * V * \rho_{\text{int}})} \quad (\text{Eq 103})$$

quand  $w_i < w_{\text{sat}}$

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{(\text{Rat}_{\text{em}} * \text{Deb} (w_{\text{entr}} - w_i) + \text{Rat}_{\text{em}} * a_i)}{(\text{Rat}_{\text{em}} * V * \rho_{\text{int}})} \quad (\text{Eq 104})$$

En introduisant :

$$A = \frac{(w_{\text{entr}} * \text{Rat}_{\text{em}} * \text{Deb} + \text{Rat}_{\text{em}} * a_i + Q_{\text{mrecircBatt}} * w_{\text{sat}})}{(\text{Rat}_{\text{em}} * \text{Deb} + Q_{\text{mrecircBatt}})} - w_{\text{finprev}} \quad (\text{Eq 105})$$

$$B = \frac{(\text{Rat}_{\text{em}} * \text{Deb} + Q_{\text{mrecircBatt}})}{(\text{Rat}_{\text{em}} * V * \rho_{\text{int}})} \quad (\text{Eq 106})$$

La valeur en fin de temps T est égale à :

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{finprev}} + A (1 - e^{-B * T}) \quad (\text{Eq 107})$$

et la valeur moyenne :

$$w_{\text{moy}} = w_{\text{finprev}} + A (1 - (1 - e^{-B * T}) / B * T) \quad (\text{Eq 108})$$

A l'inverse, on peut calculer la durée requise pour atteindre une humidité spécifique donnée :

$$T = - (\ln (C)) / B \quad (\text{Eq 109})$$

Le calcul n'est utile que dans le cas où C est positif (cas de transition humide-sec ou sec-humide)

$$\text{Avec } C = 1 - (w_{\text{fin}} - w_{\text{finprev}}) / A \quad (\text{Eq 110})$$



### 12.4.3 APPLICATION AU CALCUL SUR UNE HEURE

Sur une heure, les situations suivantes peuvent se présenter :

1) L'humidité spécifique au début de l'heure,  $w_{i,finprev}$ , est supérieure à l'humidité spécifique à la température de la batterie,  $w_{i,sat}$  : il y a déshumidification. Celle-ci peut se poursuivre ou non pendant toute l'heure.

2) L'humidité spécifique au début de l'heure est inférieure à l'humidité spécifique à la batterie : il n'y a pas déshumidification. Celle-ci peut cependant intervenir pendant l'heure.

Organisation des calculs

- calcul du débit de recirculation requis,  $Q_{mrecircBatt}$
- Si  $w_{i,prev} > w_{i,sat}$ , on calcule l'évolution de  $w_i$  en prenant en compte la déshumidification
  - Si  $w_{i,fin} > w_{i,sat}$ ; la batterie a toujours déshumidifié, on calcule
    - l'humidité spécifique moyenne,  $w_{i,moy}$
    - l'énergie latente correspondante
    - $P_{lat} = 2501000 * Q_{mrecircBatt} (w_{i,moy} - w_{i,sat})$  (Eq 111)
  - Si  $w_{i,fin} < w_{i,sat}$ , on calcule
    - la durée de déshumidification,  $T_{hum}$  (durée permettant d'atteindre  $w_{i,sat}$ )
    - $w_{i,moy}$  pour cette phase
    - l'énergie latente correspondante
    - $2501000 * Q_{mrecircBatt} * T_{hum} (w_{i,moy} - w_{i,sat})$
    - l'humidité spécifique en fin d'heure en repartant de  $w_{i,sat}$  pour la durée restante  $(1-T_{hum})$
- Si  $w_{i,prev} < w_{i,sat}$ , on calcule l'évolution de  $w_i$  sans déshumidification
  - Si  $w_{i,fin} < w_{i,sat}$ , il n'y a pas de déshumidification, le calcul s'arrête.
  - Si  $w_{i,fin} > w_{i,sat}$ , on calcule
    - la durée sans déshumidification,  $T_{sec}$  (durée permettant d'atteindre  $w_{i,sat}$ )
    - On applique le modèle avec déshumidification pour la durée restante  $(1-T_{sec})$  et on calcule la puissance latente requise et l'humidité spécifique finale.

L'énergie latente est cumulée et dirigée vers la génération via le réseau.

### 12.5 PERTES AU DOS DES EMETTEURS INTEGRES AUX PAROIS

Dans le cas de murs, planchers, plafonds et vitrages chauffants en contact avec l'extérieur, le sol ou un espace non chauffé, une partie de la chaleur ou du froid fournis par l'émetteur est perdue. Ces pertes sont appelées pertes au dos de l'émetteur. Elles ne sont pas récupérables.

Les pertes sont un pourcentage de la quantité de chaleur ou de froid fournie par l'émetteur,  $X_b$ , (%).  $X_b$  est une entrée de la méthode. On décrit ici le mode de calcul de ces pertes.

Lorsque le système de chauffage ou de refroidissement comprend plusieurs types d'émetteurs les uns ayant des pertes au dos et les autres n'en ayant pas, il est nécessaire de les différencier pour le calcul des pertes. Il en est de même si différents émetteurs ont des pourcentages de pertes au dos différents. Ainsi pour chaque type d'émetteur :

$$Q_{per\_em} = P_{sys} * Rat_{em} * X_b$$

Avec :

$Q_{per\_em}$  pertes au dos des émetteurs, (kW), en chaud ou en froid,  
 $P_{sys}$  émission, (kW), en chaud ou en froid,  
 $Rat_{em}$  voir §12.6.

- $X_b$  vaut 0 pour l'ensemble des émetteurs n'ayant pas de pertes au dos.
- $X_b$  vaut 0 pour les planchers solaires ne comportant pas d'appoint au niveau du plancher.
- Pour les autres émetteurs  $X_b$  est calculé de la façon suivante :

Paroi donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé :

$$X_b = 100 \cdot \frac{R_i}{\frac{1}{b \cdot U_0} - R_i} \quad (\text{Eq 112})$$

Avec :

- $R_i$  résistance thermique de la paroi extérieure entre le plan chauffant et l'intérieur ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ),
- $U_0$  coefficient de transmission thermique de la paroi, ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ),
- $b$  permet de tenir compte du fait que la paroi donne sur un local non chauffé et est tiré des règles Th-bât.

Paroi en contact avec le sol ou un vide sanitaire ou un local non chauffé en sous-sol :

$$X_b = 100 \cdot \frac{R_i}{\frac{1}{U_e} - R_i} \quad (\text{Eq 113})$$

$U_e$  coefficient de transmission surfacique équivalent défini dans les règles Th-bât ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ).

Dans le cas où le coefficient de transmission thermique  $U_0$  correspond à une paroi donnant sur un vide sanitaire ou un sous sol, les valeurs tabulées des règles Th-bât intègrent déjà le coefficient  $b$ . Celui ci n'est donc plus à considérer.

## 12.6 SYSTEMES COMPOSITES ET MULTIPLES

### 12.6.1 EMETTEURS CHAUDS

Sont visés ici les systèmes multi émetteurs, c'est-à-dire les systèmes comportant plusieurs types d'émetteurs desservant un même groupe pour maintenir la température de consigne en mode chauffage. Ces systèmes, qui peuvent être composites sur tout ou partie de la surface du groupe, fonctionnent sur un mode spatio composite.

Chaque type d'émetteur est décrit par sa variation spatiale, sa variation temporelle, son coefficient de pertes au dos et son ratio  $\text{Rat}_{em}$ , avec :

$$\text{Rat}_{em} = \text{Rat}_{em\_spacial} * \text{Rat}_{em\_temporel}$$

Pour un émetteur,  $\text{Rat}_{em\_spacial}$  est le ratio de la surface fictive traitée par cet émetteur à la surface totale du groupe et  $\text{Rat}_{em\_temporel}$  est le ratio d'énergie fournie par cet émetteur à l'énergie totale fournie à la surface fictive traitée par ce système. Pour les systèmes composites,  $\text{Rat}_{em\_temporel}$  est défini au Tableau 47, pour les autres systèmes  $\text{Rat}_{em\_temporel}$  est égal à 1.

Ainsi par exemple, soit un groupe comprenant :

- un système composite pour 60% de sa surface, composé d'un système<sub>1</sub> et d'un système<sub>2</sub>
- un autre système, système<sub>3</sub>, pour le reste de la surface.

$$\text{Rat}_{em1} = \text{Rat}_{em\_temporel1} * 0,60 \quad \text{Rat}_{em2} = (1 - \text{Rat}_{em\_temporel}) * 0,60 \quad \text{Rat}_{em3} = 0,4$$

On considère 3 types de systèmes composites pour lesquels on nommera ci-après les deux types d'émetteur comme étant l'émetteur 1 et l'émetteur 2.

## 1) système base (1) + appoint (2)

Le système fournit une base ne couvrant jamais l'intégralité des besoins. Le système 2 d'appoint est donc en permanence utilisé pour atteindre le point de consigne. Les systèmes 1 et 2 sont donc affectés de la variation spatio-temporelle du système 2.

La variation spatio-temporelle globale, entrée dans la méthode, est la somme des variations spatio-temporelles des différents émetteurs pondérées par les  $Rat_{em}$  correspondants. Dans ce calcul, pour le système composite, la variation spatio-temporelle à retenir est celle du système 2 et le  $Rat_{em}$  correspondant est la somme des  $Rat_{em}$  des systèmes 1 et 2.

## 2) système 1 + complément par temps froid 2

Le système 1 est seul en fonction par temps doux et est complété par temps froid par le système 2. L'énergie utilisée par temps froid étant en général supérieure à celle par temps doux, on applique la variation temporelle du système 2 aux deux systèmes.

La variation spatio-temporelle globale, entrée dans la méthode, est la somme des variations spatio-temporelles des différents émetteurs pondérées par les  $Rat_{em}$  correspondants. Dans ce calcul, pour le système composite, la variation spatio-temporelle à retenir est celle du système 2 et le  $Rat_{em}$  correspondant est la somme des  $Rat_{em}$  des systèmes 1 et 2.

## 3) système alterné

Dans ce cas les systèmes 1 et 2 sont mis en œuvre à des périodes différentes et ne sont donc jamais en fonctionnement simultané. On applique à chaque système sa variation spatio-temporelle.

La variation spatio-temporelle globale, entrée dans la méthode, est la somme des variations spatio-temporelles des différents émetteurs pondérées par les  $Rat_{em}$  correspondants.

La méthode de calcul des parts assurées par chaque système est décrite en annexe B.

Pour les différents types de systèmes, on applique les valeurs par défaut suivantes :

	Base + appoint		Complément par temps froid			Alterné
$R_{puis1}$	0,7 à 1	0,5 à 0,6	0,7 à 1	0,6 à 0,7	0,5 à 0,6	
$Rat_{em\_temporel1}$	0,72	0,69	1	0,96	0,92	0,6

**Tableau 47**

Avec :

$R_{Puis1}$  = Puissance maximale du système 1 / Puissance totale requise en conditions de base,

$Rat_{em\_temporel1}$  = ratio d'énergie fourni par le système 1.

Pour les systèmes composites et compte tenu de la répartition uniforme sur l'année de la fourniture d'énergie, la puissance de chacune des composantes du système composite utilisée par la méthode, donc à entrer, est une puissance apparente,  $P_{apparente\_comp\_n}$ , déterminée comme suit :

$$P_{apparente\_comp\_n} = P_{comp\_n} * Rat_{em\_temporel-n} / R_{puis\_n}$$

Avec :

$P_{comp\_n}$  : puissance de dimensionnement du système n.

### 12.6.2 EMETTEURS FROIDS

Dans le cas où les émetteurs d'un même groupe ont des caractéristiques de déshumidification différentes, on applique la procédure suivante :

- chaque système traite une partie du groupe,
- le calcul est conduit pour chaque système d'émission sur la base du volume qu'il traite. Ce volume est déterminé à l'aide du paramètre  $Rat_{em}$ ,
- l'humidité du groupe en fin de pas de temps est égale à

$$w_{fin} = w_{fin1} * Rat_{em1} + \dots + w_{finn} * Rat_{emn}$$

L'énergie latente totale est égale à la somme des énergies calculées par système d'émission.

### 12.7 PRISE EN COMPTE DES LOCAUX SANS EMETTEUR DE REFROIDISSEMENT

On distingue les locaux d'entrée d'air et les locaux de transferts et d'extraction.

Les locaux d'entrée d'air sont toujours équipés d'un système de chauffage et peuvent ou non être équipés d'un système de refroidissement.

Les locaux d'extraction peuvent ou non être équipés de chauffage et/ou de refroidissement.

#### 12.7.1 LOCAUX D'ENTRES D'AIR SANS SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

Ces locaux doivent faire l'objet d'un ou plusieurs groupes spécifiques.

Ces groupes devront être conformes aux exigences de thermique d'été et donc bénéficier de baies ouvrantes. On considère alors que les occupants maintiendront une température de consigne intérieure en occupation égale à celle du Tableau 7<sup>1</sup>. En inoccupation, on considère que les fenêtres sont fermées et que le local est en évolution libre.

#### 12.7.2 LOCAUX DE TRANSFERT ET D'EXTRACTION

##### Locaux intégrés à un groupe d'entrée d'air

S'ils sont intégrés à un groupe comportant des locaux d'entrée d'air, on leur applique implicitement le même système de chauffage et refroidissement que celui des locaux d'entrée d'air. En effet dans ce cas, la somme des  $Rat_{em}$  (contributions de chaque type d'émetteur) des locaux avec émetteurs est égale à 1, et est appliqué sur toute la surface du groupe (voir 0).

Exemple : Soit un groupe avec deux locaux d'entrée d'air LE1 et LE2 de surface 50 et 150 m<sup>2</sup>, avec des systèmes de chauffage SC1 et SC2, et des circulations de surface 50 m<sup>2</sup> sans système de chauffage.

La clé de répartition sera égale à  $50/(150+50) = 0,25$  pour le système SC1 et 0,75 pour le système SC2.

Les besoins pour SC1 et SC2 seront calculés sur la totalité du groupe.

##### Locaux considérés comme un groupe de transfert et d'extraction spécifique

On applique alors au groupe le système de chauffage et de refroidissement du groupe d'entrée d'air de la zone considérée ayant la plus grande surface. Si ce dernier groupe est sans refroidissement on lui applique la procédure définie pour les locaux d'entrée d'air correspondant.

<sup>1</sup> Pendant la période de chauffage, on considère que la température extérieure est suffisamment basse pour pouvoir maintenir la température intérieure à sa valeur de consigne en froid. Sans prise en compte de cet effet en occupation, on surestimerait la récupération des apports internes et solaires.

### 13. DISTRIBUTION HYDRAULIQUE ET DE FLUIDE FRIGORIGENE

Un réseau hydraulique peut être lié en aval à un ou plusieurs groupes et dans un même groupe à un ou plusieurs types d'émetteurs. Il est lié en amont à un seul système de production de chaleur et de froid, ce dernier pouvant comporter plusieurs générateurs.

#### 13.1 PERTES ET CONSOMMATIONS DE DISTRIBUTION POUR LES RESEAUX HYDRAULIQUES

##### 13.1.1 CALCUL DE LA PUISSANCE NOMINALE EN CHAUD ET FROID

###### Puissance nominale en chaud : Pnc

La puissance nominale en chaud sert uniquement à déterminer les pertes de charges des réseaux de distribution ainsi que la puissances des auxiliaires de ces réseaux. Elle est donnée par la formule suivante :

$$P_{nc} = 10^{-3} (H_T + (q_{vnom\_occ} * 0.34)) * (\theta_a - \theta_{eb}) \quad [kW] \quad (Eq \ 114)$$

$$\theta_a = 20^\circ C$$

En ventilation naturelle ou hybride, on prend par convention :

$$Q_{vnom\_occ} = 2 \text{ Agroupe}$$

###### Puissance nominale en froid : Pnf

La puissance nominale en froid sert uniquement à déterminer les pertes de charges des réseaux de distribution ainsi que la puissances des auxiliaires de ces réseaux. Elle est donnée par la formule suivante

$$P_{nf} = 10^{-3} (H_T + (q_{vnom\_occ} * 0.34)) * (\theta_{emaxi} - 26) + 0.03 A + 0.25 A_v \quad [kW] \quad (Eq \ 115)$$

Avec :

A = surface du groupe (m<sup>2</sup>),

A<sub>v</sub> = surface nette des baies vitrées quelle que soit l'orientation (m<sup>2</sup>),

0,03 = valeur estimative des apports internes et d'éclairage (kW/m<sup>2</sup>),

0.25 = apports solaires incidents par m<sup>2</sup> de baie vitrée, kW/m<sup>2</sup>, (0.8 kW/m<sup>2</sup> incidents, s = 0,4 et coefficient d'amortissement et de réduction de 0,8).

$$\theta_{emaxi} = 34 \text{ }^\circ C$$

##### 13.1.2 PERTES THERMIQUES DES RESEAUX DE DISTRIBUTION

###### 13.1.2.1 Distribution de groupe

Les pertes de distribution de groupe dépendent :

- de la longueur du réseau,
- des déperditions linéiques,
- de l'écart température de distribution utile entre le réseau et l'ambiance.

Type de réseau de distribution	Ares en résidentiel	Ares en locaux de grand volume avec batterie terminale de réchauffage	Ares en locaux autres	F <sub>cot</sub>
Bitube	1	0.1	0.4	1
Centralisé	0.6		0.24	0.625 (= 2/3.2)
Monotube	0.8		0.32	0.781 (= 2.5/3.2)
Plancher Chauffant	0.2		0.08	0.156 (= 0.5/3.2)

Tableau 48 : Typologie de réseau en mode chauffage

Les locaux de grand volume sont définis comme ayant plus de 6 m de hauteur sous plafond et une surface supérieure à 100 m<sup>2</sup>.

Type de réseau de distribution	Ares en résidentiel	Ares en locaux de grand volume avec batterie terminale pour le refroidissement	Ares en locaux autres	F <sub>cot</sub>
Bitube	1	0.1	0.4	1
Plancher	0.2		0.08	0.156 (= 0.5/3.2)

Tableau 49 : Typologie de réseau en mode refroidissement

Température de distribution de chauffage	T de dimensionnement	ΔT nom	δθdim	Surp
Basse	35 °C	15°C	5°C	1
Moyenne	60 °C	40°C	10°C	1.15
Haute	70 °C	50°C	15°C	1.2

Tableau 50 : températures de distribution de chauffage

Température de distribution de froid	T de dimensionnement	ΔT nom	δθdim	Surp
Basse	7°C	19°C	4°C	1
Haute	18°C	8°C	4°C	1

Tableau 51 : températures de distribution en froid

#### Développement du réseau dans le groupe pour chaque émetteur

La distribution de chaleur et de froid dans un groupe pour chaque type d'émetteur est réalisée à partir d'un point de livraison.

La longueur du réseau en volume chauffé dépend de :

- Ag\_émetteur, la surface du groupe desservie par un type d'émetteur donné (m<sup>2</sup>),
- NbN, le nombre de niveaux (1 à minima),
- type de distribution (bitube, centralisé, monotube, plancher chauffant).

La longueur du réseau de distribution en volume chauffé, Ldvc, est calculée par défaut à l'aide de la formule suivante ou est saisie par l'utilisateur :

$$Ldvc = Ag\_émetteur * Ares \quad (\text{Eq 116})$$

Ares est fourni dans le Tableau 48 et le Tableau 49 en fonction du type de distribution.

Dans le cas d'un groupe de surface supérieure à 400 m<sup>2</sup>, on décompose le groupe en plusieurs groupes de distribution fictifs (Nbgdisem ) de moins de 400 m<sup>2</sup> comme indiqué ci-dessous :

$$\text{Nbgdisem} = \max ( 1 ; \text{Ag\_emetteur}/400 ) \quad (\text{Eq 117})$$

$$\text{Agdisem} = \text{Ag\_emetteur}/ \text{Nbgdisem} \quad (\text{Eq 118})$$

### Coefficient U moyen du réseau

Le diamètre des canalisations dépend des puissances Pnc et Pnf et des conditions de dimensionnement en température.

Le U moyen [W/(m.K)] du réseau, en chaud puis en froid, pour un type d'émetteur est égal à :

$$U_{\text{moyen}} = \text{Ari} + \text{Bri} (\text{Pnc} * \text{Rat}_{\text{em}} * \text{Surp} / (\text{Nbgdissem} * \Delta T \text{ nom}))^{0,4} \quad (\text{Eq 119})$$

$$U_{\text{moyen}} = \text{Ari} + \text{Bri} (\text{Pnf} * \text{Rat}_{\text{em}} * \text{Surp} / (\text{Nbgdissem} * \Delta T \text{ nom}))^{0,4}$$

Ari et Bri sont fonction du type de pose et classe d'isolant.

<b>Pose et classe d'isolant</b>	<b>Ari</b>	<b>Bri</b>
Nu à l'air libre	0,457	0.282
Sous Fourreau	0,048	0.852
Isolation de classe 1	0,046	0.227
Isolation de classe 2	0,036	0.205
Isolation de classe 3	0,028	0.184
Isolation de classe 4	0,021	0.163
Isolation de classe 5	0,015	0.142
Isolation de classe 6	0,011	0.122

**Tableau 52 : valeurs de Ari et de Bri**

### Coefficient de perte UL du réseau pour un type d'émetteur donnée

$$UL_{\text{dint}} = L_{\text{dvc}} \times U_{\text{moyenint}} \quad [\text{W/K}] \quad (\text{Eq 120})$$

$$UL_{\text{dext}} = L_{\text{dhvc}} \times U_{\text{moyenext}} \quad [\text{W/K}] \quad (\text{Eq 121})$$

Avec :

$$L_{\text{dhvc}} = 0.1 L_{\text{dvc}},$$

$U_{\text{moyenint}}$  et  $U_{\text{moyenext}}$  = U des parties intérieure et extérieure calculés à l'aide de l'équation 119, en chaud et en froid,

$UL_{\text{dint}}$  et  $UL_{\text{dext}}$  = coefficients de pertes pour les parties intérieure et extérieure du réseau en chaud et en froid.

### Puissance des circulateurs

Soit on saisit la puissance du circulateur, soit elle est calculée selon la méthode par défaut suivante :

- calcul de la perte de charge du réseau (en kPa) :

$$\Delta P_{\text{emnom}} = 0.15 * L_{\text{em}} + \Delta P_{\text{em}} \quad (\text{Eq 122})$$

Avec :

0,15 kPa/m de pertes de charge linéaires,

$L_{\text{em}}$  la longueur du réseau le plus défavorisé,

$\Delta P_{em}$  la perte de charge de l'émetteur prise dans le tableau ci-dessous :

Type d'émetteur	$\Delta P_{em}$ (en kPa) en chaud	$\Delta P_{em}$ (en kPa) en froid
Radiateurs	30 si boucle monotube 10 sinon	Non applicable
Plancher/plafond chauffant/rafraîchissant	15	15
VCV	20	20
CTA	35	35
Autres cas	35	35

**Tableau 53 :**

- calcul de la longueur du réseau le plus défavorisé :

Il y a deux possibilités pour obtenir la longueur du réseau le plus défavorisé, soit saisie concepteur, soit calcul forfaitaire comme suit :

$$L_{em} = 5 * F_{cot} * \left( NbN + \left( \frac{Agdisem}{NbN} \right)^{0.5} \right) \quad (\text{Eq 123})$$

Avec :

NbN : le nombre de niveaux du groupe,

Agdisem : la surface pour le type d'émetteur,

Fcot : pris dans le Tableau 48 ou dans le Tableau 49.

- calcul de la puissance électrique du circulateur (en W) :

$$P_{circem} = \max(30; 6.44 * (\Delta P_{emnom} * qv_{emnom} / Nbgdisem)^{0.676} * Nbgdisem) \quad (\text{Eq 124})$$

Le débit nominal du circulateur,  $qv_{emnom}$ , en mode chaud et en mode froid étant donné par la formule ci-dessous :

$$qv_{emnom}(chaud) = \frac{P_{ncratem}}{1,163 \cdot \delta\theta_{dim}} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (\text{Eq 125})$$

$$qv_{emnom}(froid) = \frac{P_{nfratem}}{1,163 \cdot \delta\theta_{dim}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Car Pnc et Pnf sont en kW.

Avec :

$\delta\theta_{dim}$  : la chute nominale de température de dimensionnement issue du Tableau 50 (chaud) ou du Tableau 51 (froid).



### 13.1.2.2 Distribution inter-groupes et inter-zones

La distribution intergroupe et interzone est définie au niveau du système de génération et concerne les réseaux de distribution de chauffage et de refroidissement.

Elle ne peut être appliquée que si la surface totale des Ag\_émetteurs est supérieure à 5000 m<sup>2</sup>.

Pour la référence et le projet, les réseaux sont conventionnellement de type bitube.

$$q_{vig\_nom} = \sum Q_{V_{emnom}} \quad (m^3/h) \quad (Eq\ 126)$$

La longueur totale du réseau est :

$$L_{tig} = 5 \left( \max(NbN) + \left( \sum (Ag\_emetteur) / (\max(NbN)) \right)^{0,5} \right) \quad [m] \quad (Eq\ 127)$$

Avec :

NbN : nombre de niveaux décrits dans le groupe (1 à minima),

$\sum Ag\_emetteur$  = somme des surfaces des groupes ou zones.

Le coefficient U<sub>ig</sub> moyen [W/(m.K)] du réseau en mode chaud et en mode froid se calcule par l'équation suivante :

$$U_{ig\_moyen} = Ari + Bri \left( \frac{\sum (P_{nc} * Surp * Rat_{em})}{5000} / (\sum Ag\_emetteur * \Delta T_{nom\ maxi}) \right)^{0,4} \quad (W/(m.K)) \quad (Eq\ 128)$$

$$U_{ig\_moyen} = Ari + Bri \left( \frac{\sum (P_{nf} * Surp * Rat_{em})}{5000} / (\sum Ag\_emetteur * \Delta T_{nom\ maxi}) \right)^{0,4} \quad (W/(m.K))$$

Ari et Bri sont fonction du type de pose et classe d'isolant et sont issus du Tableau 52.

Pour éviter les pertes de chaleur, le réseau de distribution intergroupe doit être isolé selon les exigences minimales définies dans l'arrêté.

Le coefficient de pertes du réseau, en chaud et en froid est :

$$UL_{tig} = L_{tig} * U_{ig\_moyen} \quad (W/K) \quad (Eq\ 129)$$

Les pertes de charge du réseau de distribution intergroupe et interzone se calculent comme suit

$$\Delta P_{ig\_nom} = 10 + \max(\Delta P_{emnom}) \quad [kPa] \quad Eq\ 130$$

où les  $\Delta P_{emnom}$  sont les valeurs correspondant aux différents émetteurs.

Nota : en cas de circulateur individuel par groupe, on ne calcule pas  $\Delta P_{ig\_nom}$  pour les réseaux intergroupes et interzones.

$$P_{cir} = \max(30; 6.44 * (\Delta P_{ig\_nom} * q_{vig\_nom})^{0,676})$$

### 13.1.3 PERTES DE DISTRIBUTION ET CONSOMMATION DES AUXILIAIRES AU NIVEAU DISTRIBUTION PAR GROUPE EN FONCTION DE LA PUISSANCE DEMANDEE DANS LE GROUPE ET POUR LES INTERGROUPEES ET INTERZONES

Par rapport aux conditions nominales, en fonction de la puissance P demandée dans le groupe, le mode d'émission et de gestion de l'eau distribuée, il est nécessaire de déterminer :

- La température moyenne du réseau  $\theta_m$  (°C),
- Le débit d'eau en circulation  $q_v$  (m<sup>3</sup>/h),
- La consommation des auxiliaires (W électrique),
- Les pertes du réseau avec la part récupérable, (W).

#### 13.1.3.1 Calcul de la température moyenne du réseau

##### 13.1.3.1.1 Puissance nominale des émetteurs installés

##### En mode chauffage

Selon le principe de la norme EN NF 442,  $P = P_{50} \left( \frac{\Delta T}{50} \right)^n$

Avec :

P = Puissance émise en kW,

P<sub>50</sub> = Puissance nominale de l'émetteur en kW à  $\Delta T$  de fonctionnement 50 K,

n = Coefficient d'émission pris égale à 1,15 pour les radiateurs et à 1 pour les PCBT/PCR, les ventilo-convecteurs et les CTA.

Dans les conditions nominales :

$$P_{nc} * Rat_{em\_ch} * Surp = P_{50} \left( \frac{\Delta T_{nom}}{50} \right)^n \quad (Eq 131)$$

On peut déduire P<sub>50</sub>.

$$P_{50} = P_{nc} * Rat_{em\_ch} * Surp \left( \frac{\Delta T_{nom}}{50} \right)^{-n} \quad (Eq 132)$$

Cumul des puissances P<sub>50</sub> installées dans différents groupes :

$$P_{50} = \Sigma (P_{50} \text{ des groupes}) \quad (Eq 133)$$

$$n = \frac{\Sigma (P_{50} * n)}{\Sigma (P_{50})} \quad (Eq 134)$$

En mode refroidissement

L'émission est sous forme de chaleur latente et sensible et la notion de  $\Delta T$  nominal n'est pas utilisée. En première approche, sur le bilan côté « eau glacée », on peut poser :

$$P_t = P_{\text{totale}} = \alpha P_{nF} \text{ Surp} \quad [\text{kW}] \quad (\text{Eq 135})$$

$$\text{Avec } \alpha = \frac{P_t}{P_s} = \frac{P_s + P_l}{P_s} \geq 1,0$$

$P_s$  = Puissance sensible [kW],

$P_l$  = Puissance latente [kW],

$P_t = P_s + P_l$  = Puissance totale [kW].

On pose conventionnellement un  $\Delta T = 15 \text{ K}$  pour la différence de température entre l'ambiance et l'eau et on obtient par analogie au calcul pour le mode chaud :

$$P_{nF} * \text{ratem\_fr} * \text{Surp} = P_{15} \cdot \left( \frac{\Delta T_{\text{nom}} F}{15} \right)^n \quad (\text{Eq 136})$$

avec  $n = 1,00$ , coefficient d'échange linéaire.

Soit :

$$P_{15} = P_{nF} * \text{ratem\_fr} * \text{Surp} \left( \frac{\Delta T_{\text{nom}} F}{15} \right)^{-1} \quad (\text{Eq 137})$$

Cumul des puissances  $P_{15}$  dans les différents groupes :

$$P_{15} = \Sigma (P_{15} \text{ des groupes}) \quad (\text{Eq 138})$$

$$n = \frac{\Sigma (P_{15} * n)}{\Sigma (P_{15})} \quad (\text{Eq 139})$$

### 13.1.3.1.2 Gestion du réseau de distribution en mode chaud

3 modes de gestion de l'eau chaude peuvent être rencontrés :

- Température de départ régulée en fonction de la température intérieure,
- Température de départ régulée en fonction de la température extérieure,
- Température de départ constante.

On considère conventionnellement que les émetteurs sont avec Bypass.

Nota : dans la pratique, ces modes conduisent à un débit d'eau constant  $q_{v_{\text{nom}}}$  dans le circuit.

Soit : P [kW] la puissance en chaud à fournir y compris les pertes au dos des émetteurs,  
 $\theta_e$  [°C] la température extérieure.

1. Mode de gestion en fonction de la température intérieure :

En fonction de la puissance P et de la température de l'ambiance  $\theta_a$ , il est nécessaire de calculer  $\theta_d$ ,  $\theta_r$ , le débit qv étant égal à  $qv_{nom}$ .

$$\Delta T_{emet} = 50 \left( \frac{P}{P_{50}} \right)^{\frac{1}{n}} \text{ [K]} \quad (\text{Eq 140})$$

$$C_{emet} = \frac{P}{1.163 qv_{nom}} \text{ [K]} \quad (\text{Eq 141})$$

$$\Delta T_o = \theta_d - \theta_a = C_{emet} \frac{\exp(C_{emet} / \Delta T_{emet})}{\exp(C_{emet} / \Delta T_{emet}) - 1} \quad (\text{Eq 142})$$

$$\theta_d = \theta_a + \Delta T_o \quad (\text{Eq 143})$$

$$\theta_r = \theta_d - C_{emet} \quad (\text{Eq 144})$$

$$qv = qv_{nom}$$

Avec :

$\theta_d$  température d'eau de départ,

$\theta_r$  température d'eau de retour.

2. Mode de régulation en fonction de la température extérieure ou à température constante

La température  $\theta_d$  est soit constante soit fonction linéaire de la température extérieure. Dans ce dernier cas, elle est prise égale à la valeur nominale pour la température de base et égale à 20 °C pour  $T_e \geq 15$  °C.

$$qv = qv_{nom}$$

$$\theta_r = \theta_d - \frac{P}{1.163 qv_{nom}} \quad (\text{Eq 145})$$

**13.1.3.2 Pertes de distribution pour les réseaux vers les émetteurs et pour les réseaux intergroupes et interzones.**

$$\theta_m \text{ du réseau} = \frac{\theta_d + \theta_r}{2} \quad (\text{Eq 146})$$

La perte de chaleur ou de froid du réseau de groupe est séparée en une partie en volume chauffé et une partie hors volume chauffé. Les pertes de distribution comprennent celles du réseau de groupe et celle du réseau intergroupes et interzones pour la chaleur et pour le froid :

$$Q_d = 10^{-3} UL_{dint} * (\theta_m - \theta_{amb}) \quad [\text{kW}] \quad (\text{Eq 147})$$

$$+ 10^{-3} UL_{dext} * (\theta_m - \theta_e) \quad [\text{kW}] \quad (\text{Eq 148})$$

$$+ 10^{-3} UL_{tig} * (\theta_m - \theta_e) \quad [\text{kW}]$$

Avec  $\theta_{amb} = 20$

### **13.1.3.3 Calcul de la consommation des circulateurs suivant leur mode de gestion**

#### Circulateur à vitesse constante

$$\text{Caux} = 10^{-3} \cdot P_{\text{circem}} \quad (\text{Eq 149})$$

$P_{\text{circem}}$  étant exprimé en W et Caux en kW.

#### Circulateur à vitesse variable

On applique conventionnellement une réduction de 50 % des consommations.

$$\text{Caux} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot P_{\text{circem}} \quad (\text{Eq 150})$$

$P_{\text{circem}}$  étant exprimé en W et Caux en kW.

Si le circulateur est arrêté automatiquement en phase arrêt de la demande au niveau des émetteurs raccordés, sa consommation est nulle, ainsi que les pertes du réseau de distribution. Ceci définit la phase arrêt du réseau de distribution.

### **13.1.3.4 Calcul des pertes de distribution récupérables**

Les pertes des réseaux situés en volume chauffé et liées aux groupes sont considérées comme récupérables et sont injectés dans le calcul des besoins au pas de temps de calcul suivant.

$$Q_{d\_rec} = 10^{-3} UL_{dint} * (\theta_m - \theta_{amb})$$

Pour le chaud et pour le froid.

Les pertes des réseaux intergroupes et des circulateurs sont considérées non récupérables.

## **13.2 DISTRIBUTION DE FLUIDE FRIGORIGENE**

Les pertes de distribution de fluides frigorigènes dans le cas de réseaux centralisés sont considérées conventionnellement comme équivalentes à celles du réseau de référence si elles ne sont pas intégrées à la détermination de l'efficacité de génération.

### 13.3 TRANSFERT DE CHALEUR ENTRE LOCAUX

#### 13.3.1 POMPES A CHALEUR SUR BOUCLE D'EAU

Les pompes à chaleurs sont traitées comme des groupes frigorifiques eau / air.

La boucle d'eau, elle, assure les transferts entre PAC de groupes différents et ainsi reçoit les rejets thermiques des pompes à chaleur en mode froid et fournit de chaleur aux machines en mode chaud. Elle est reliée à une source de chaleur et à une tour de refroidissement.

Les étapes de la prise en compte de la boucle d'eau sont les suivantes :

- calcul de la somme de rejets de chaleur et de la somme des "rejets de froid" en direction de la boucle à l'aide des besoins respectivement de froid et de chaleur des groupes, et respectivement des  $EER_{\text{corrigé}}$  et des  $COP_{\text{corrigé}}$  des machines,
- calcul de la chaleur à fournir à la boucle par un dispositif externe et la chaleur à évacuer à l'aide d'une tour de refroidissement.

Ainsi après le calcul de la distribution, les aspects de transfert de chaleur entre locaux sont traités. Le principe est de considérer pour chaque pas de temps un ratio d'efficacité de transfert, Ret :

$$Ptr = \min | Prej_{ch} ; Prej_{fr} | * Ret \quad (Eq 151)$$

Avec :

Ptr : puissance transférée entre PAC par la boucle d'eau,

Prej<sub>ch</sub> : rejet de chaleur des PAC en mode froid,

Prej<sub>fr</sub> : rejet de froid des PAC en mode chaud, (>0).

Conventionnellement, Ret est fixé à 0,8.

Les puissances à fournir par les équipement de la boucle sont alors égales à :

$$\text{En chauffage} \quad P_{ch} = Prej_{fr} - Ptr \quad (Eq 152)$$

$$\text{En refroidissement, (>0)} \quad P_{fr} = Prej_{ch} - Ptr \quad (Eq 153)$$

Exemple :	$Prej_{ch} = 100 \text{ kW}$	$Prej_{fr} = 50 \text{ kW}$	$Ret = 0,8$
	$Ptr = \min   100 ; 50   * 0,8 = 40 \text{ kW}$		
	$P_{fr} = 100 - 40 = 60 \text{ kW}$	$P_{ch} = 50 - 40 = 10 \text{ kW}$	

#### 13.3.2 LES SYSTEMES A DEBIT DE REFRIGERANT VARIABLE ET LES THERMOFRIGOPOMPES

La procédure de couplage entre chaque groupe et son système d'émission, §11.4, permet de déterminer les besoins de chaque groupe. Les étapes sont les suivantes :

- l'énergie requise, distribution incluse, en chaud et en froid ( $Besoins_{\text{CHAUD}}$ ,  $Besoins_{\text{FROID}}$ ) et les consommations d'énergie correspondantes ( $C_{\text{CH}}$ ,  $C_{\text{FR}}$ ) sont calculés comme défini en §17.6.4,
- en considérant conventionnellement un ratio d'efficacité de transfert de l'énergie du compresseur au fluide frigorigène, les rejets de chaleur disponibles en fonctionnement froid,  $Rejet_{\text{CH}}$ , sont calculé par :

$$Rejet_{\text{CH}} = Besoins_{\text{FROID}} + Ret \cdot C_{\text{FR}} \quad \text{Conventionnellement, Ret est fixé à 0,8.}$$

- si  $Rejet_{\text{CH}}$  est supérieur à  $Besoin_{\text{CHAUD}}$  la fourniture de chaleur est assurée gratuitement par le fonctionnement en froid. La consommation liée au fonctionnement en chaud,  $C_{\text{CH}}$ , est alors prise nulle.

Sinon, on considère que la fourniture de froid est assurée gratuitement par le fonctionnement en chaud. La consommation  $C_{\text{FR}}$  liée au fonctionnement en froid est alors prise nulle.

## **14. TRAITEMENT ET DISTRIBUTION D'AIR**

On traite successivement,

- Des pertes thermiques par les réseaux,
- Des groupes d'extraction et centrales de traitement d'air.

### **14.1 PERTES THERMIQUES POUR LES RESEAUX AERAULIQUES**

Les pertes thermiques des réseaux aérauliques sont négligées.

## 14.2 GROUPES D'EXTRACTION

Ils sont définis par simplification des centrales du paragraphe suivant.

### 14.3 CENTRALES A DEBIT SOUFFLE ET EXTRAIT CONSTANT ET CENTRALES DOUBLE FLUX HYGIENIQUE

#### 14.3.1 PRINCIPE DE PRISE EN COMPTE

Les centrales à débit soufflé et extrait constant sont utilisées pour le traitement des locaux alors que les centrales double flux hygiénique n'assurent que le prétraitement et la fourniture de l'air hygiénique.

On retient une prise en compte unique sur la base des composants suivants :

- batterie antigel,
- échangeur,
- boîte de mélange
- ventilateurs,
- batteries de préchauffage et pré refroidissement,
- humidification.

On distingue deux modes de gestion du fonctionnement des ventilateurs des centrales à débit soufflé et extrait constant, voir Tableau 44 et Tableau 45 :

1. fonctionnement permanent possible des ventilateurs en période de chauffage et en période de refroidissement du bâtiment,
2. ventilateurs arrêtés pendant la phase arrêt du chauffage et pendant la phase arrêt du refroidissement. La phase arrêt est la période d'inoccupation au sens de la ventilation hors phase de relance pour laquelle la demande du groupe est nulle.

Pour le second mode de gestion des ventilateurs :

- tant qu'on est en phase arrêt la centrale fonctionne avec les débits d'inoccupation sans air neuf,
- si un besoin est détecté, la centrale est mise en marche au pas suivant avec les débits d'occupation sans air neuf et la centrale reste en route jusqu'à la fin de la période d'inoccupation.

Les sorties sont :

- La consommation électrique des ventilateurs ainsi que celles des autres auxiliaires,
- Les besoins de pré chauffage et de pré refroidissement (intégrant la déshumidification) par type de générateur.

La consommation équivalente de chauffage de l'humidificateur est soit ajoutée à celle de la batterie de préchauffage si l'humidificateur est de type à ruissellement ou à pulvérisation, soit vers le comptage électrique si l'humidificateur est à vapeur.

Le débit d'air pris en compte peut varier (par exemple en occupation et inoccupation), mais doit être prédéfini.

On a négligé les déperditions thermiques par les conduits extérieurs en considérant que ce point est à traiter en termes d'exigence minimales (c'est déjà le cas en RT2000). On a également négligé les fuites des réseaux et centrales installés à l'extérieur.

Pour les centrales double flux avec recyclage et batteries régulées en fonction de la température intérieure, pour garder une organisation simple des calculs notamment pour éviter le croisement de la droite du local avec une centrale de traitement d'air, la centrale réelle est représentée par un système équivalent du point de vue énergétique, composé :



- d'une centrale assurant la fourniture d'air neuf, le soufflage et l'extraction de l'air, ainsi que son prétraitement éventuel.

Elle calcule la consommation électrique des auxiliaires et les consommations impliquées par un prétraitement de l'air. Cette centrale fournira également les débits massiques soufflé et repris totaux pour le calcul de la pression intérieure,  $P_{ib}$ , et le calcul des débits entre groupe (§8). On intègre également les fonctions de free cooling.

- d'un système local permettant de déterminer les besoins de chauffage et refroidissement.
- d'un réseau hydraulique reliant la batterie de l'émetteur et la génération de chaleur et la génération de froid. On entre la longueur de ce réseau.
- On applique la méthode (§12) dans les conditions suivantes :

- le débit d'eau est variable dans la batterie,  $T_{bat}$  est déterminé sur la base des besoins.

- pas de calcul de consommation de ventilateur, il est pris en compte dans la CTA.

### 14.3.2 CALCUL DE L'IMPACT DES COMPOSANTS

#### 14.3.2.1 Partie extraction

Le débit masse repris,  $Q_{ma_{rep}}$  (kg/h), est calculé à partir des débits volumiques et de la masse volumique de l'air,  $Rho_{rep} = f(T_{i_{prev}}, w_{i_{prev}})$ , pour l'occupation ou l'inoccupation au sens de la ventilation, selon l'heure, les débits volumiques repris étant les suivants :

$$\text{en occupation : } Q_{va_{rep\_occ}} \quad (m^3/h)$$

$$\text{en inoccupation : } Q_{va_{rep\_inocc}} \quad (m^3/h)$$

La consommation électrique du ventilateur de reprise,  $P_{vent_{rep}}$ , est égale à :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{rep}} = P_{vent_{rep\_occ}} * t \quad (Wh)$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{rep}} = P_{vent_{rep\_inocc}} * t \quad (Wh)$$

la puissance électrique de ventilateur de reprise étant :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{rep\_occ}} \quad (W)$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{rep\_inocc}} \quad (W)$$

La température de l'air à la sortie du ventilateur de reprise,  $T_{s_{rep}}$ , est égale à :

$$T_{s_{rep}} = T_{i_{prev}} + p\text{-el} * P_{vent_{rep}} / (Q_{ma_{rep}} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad (\text{Eq 154})$$

Avec : p-el (-) ratio d'énergie du ventilateur transmise à l'air,

$C_{pa}$  (J/kg/K) chaleur massique de l'air sec.

La valeur conventionnelle de p - el est égale à 0,8.

Remarque :

- la puissance électrique totale des ventilateurs de soufflage et de reprise de la centrale est une entrée du calcul. La puissance électrique du ventilateur de soufflage et la puissance électrique du ventilateur de reprise sont, chacune, égales à la moitié de la puissance totale,
- les débit d'air repris, en occupation et en inoccupation, sont la somme des débits repris en provenance de la partie ventilation §8.

### 14.3.2.2 Partie soufflage

#### Calcul du débit d'air neuf

Le débit masse soufflé,  $Q_{ma_{sou}}$  (kg/h), est calculé à partir des débits volumiques et de la masse volumique de l'air,  $Rho_{sou} = f(T_{sou_{CTA_{prev}}}, w_{sou_{CTA_{prev}}})$ , pour l'occupation ou l'inoccupation au sens de la ventilation, selon l'heure, les débits volumiques soufflés étant les suivants :

$$\begin{aligned} \text{en occupation :} & \quad Q_{va_{sou_{occ}}} \quad (m^3/h) \\ \text{en inoccupation :} & \quad Q_{va_{sou_{inocc}}} \quad (m^3/h) \end{aligned}$$

Les débits d'air soufflé, en occupation et en inoccupation, sont la somme des débits soufflés en provenance de la partie ventilation.

#### Débit d'air neuf pour les centrales à double flux hygiéniques

Pour les centrales double flux hygiénique sans recyclage (présence d'un échangeur et d'une sécurité antigel), le taux d'air neuf est le suivant :

$$\text{Taux} = 1$$

les centrales étant arrêtées en inoccupation au sens de la ventilation.

#### Débit d'air neuf pour les centrales à double flux à recyclage

Pour ces centrales on distingue deux types de fonctionnement du cycle économiseur (free cooling) ;

Dans le premier cas, le taux d'air neuf est minimal en mode refroidissement, il est calculé de la façon suivante :

$$\text{Si } T_{ext} < T_{enc} \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{AN}$$

$$\text{Si } T_{ext} > T_{enf} \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{AN}$$

$$\text{Sinon } \text{Taux} = \text{Taux}_{AN} + (1 - \text{Taux}_{AN}) * (T_{ext} - T_{enc}) / (T_{enf} - T_{enc}) \quad (\text{Eq 155})$$

Dans le second cas, on maintien un débit d'air neuf supérieur au débit minimal en mode froid si la température extérieure est supérieure à la température intérieure :

$$\text{Si } T_{ext} < T_{enc} \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{AN}$$

$$\text{Sinon } \text{si } T_{enc} \leq T_{ext} \leq T_{enf}$$

$$\text{Taux} = \text{Taux}_{AN} + (1 - \text{Taux}_{AN}) * (T_{ext} - T_{enc}) / (T_{enf} - T_{enc}) \quad (\text{Eq 156})$$

$$\text{Sinon} \quad \text{Si } T_{ext} > T_{enf} \text{ et si } T_{ext} < T_{i_{prev}} \quad \text{Taux} = 1$$

$$\text{Sinon} \quad \text{Si } T_{ext} > T_{enf} \text{ et si } T_{ext} > T_{i_{prev}} \quad \text{Taux} = \text{Taux}_{AN}$$

Finalement le débit d'air neuf est calculé comme suit :

$$Q_{AN} = \text{Taux} * Q_{ma_{sou}}$$

La température extérieure conventionnelle,  $T_{enc}$ , en dessous de laquelle le taux d'air neuf est minimal est égale à 15°C.

La température extérieure conventionnelle,  $T_{enf}$ , au dessus de laquelle le taux d'air neuf peut être minimal est égale à 25°C.

$\text{Taux}_{AN}$  est le taux minimal d'air neuf dans l'air soufflé en occupation au sens de la ventilation pour assurer les besoins hygiéniques. En inoccupation,  $\text{Taux}_{AN}$  est nul.

## Sécurité antigel

$T_{\text{sech}_{\text{repLIM}}}$  est la température limite basse de sortie de l'échangeur coté rejet. La température de sortie coté rejet ne doit pas descendre en dessous de cette valeur afin d'éviter le givrage de l'échangeur. On maintient donc la température de l'air neuf à l'entrée de l'échangeur,  $T_{\text{echmin}}$ , au dessus de la valeur donnée par la formule suivante :

$$T_{\text{echmin}} = T_{\text{rep}} + (T_{\text{sech}_{\text{repLIM}}} - T_{\text{rep}}) / \text{Eff}_{\text{ech}} \quad (\text{Eq 157})$$

Avec :  $\text{Eff}_{\text{ech}}$ , efficacité de l'échangeur,

$$T_{\text{sech}_{\text{repLIM}}} = 0,$$

La température d'entrée de l'échangeur coté soufflage,  $T_{\text{ag}}$ , est alors égale à :

$$T_{\text{ag}} = \max (T_{\text{ext}}, T_{\text{echmin}})$$

La consommation d'énergie due à la sécurité antigel,  $P_{\text{chaud}_{\text{ag}}}$ , est donnée par :

$$P_{\text{chaud}_{\text{ag}}} = Q_{\text{AN}} * 3600^{-1} * (\max 0 ; (T_{\text{ag}} - T_{\text{ext}})) * C_{\text{pa}} \quad (\text{Eq 158})$$

## Echangeur de chaleur

La température de l'air en sortie de l'échangeur coté soufflage est égale à :

$$T_{\text{ech}} = T_{\text{ag}} + \text{Eff}_{\text{ech}} * (T_{\text{rep}} - T_{\text{ag}}) \quad (\text{Eq 159})$$

La consommation électrique des auxiliaires de l'échangeur est égale à :

$$C_{\text{elec}_{\text{ech}}} = P_{\text{elec}_{\text{ech}}} * t$$

Avec :  $\text{Eff}_{\text{ech}}$ , efficacité de l'échangeur,

$P_{\text{elec}_{\text{ech}}}$ , puissance électrique des auxiliaires, (W),

$t = 1$  heure.

L'efficacité de l'échangeur prend une des valeurs suivantes :

- soit la valeur issue de la certification si le produit est certifié,
- soit  $\text{Eff}_{\text{ech}} = 0,9 * \text{Eff}_{\text{decl}}$ ,  $\text{Eff}_{\text{decl}}$  étant la valeur déclarée par le fabricant.

Le bypassage de l'échangeur pour améliorer le confort d'été ou réduire les besoins de refroidissement est pris en compte par les deux modes suivants :

1) arrêt manuel ou automatique de l'échangeur hors période de chauffe. En cas d'arrêt manuel le dispositif de commande doit être situé dans le même local que le générateur et clairement identifié

2) arrêt automatique de l'échangeur en fonction de la température extérieure. La température extérieure conventionnelle au dessus de laquelle l'échangeur est arrêté est égale à 15 °C.

## Boîte de mélange

La température et l'humidité de l'air en sortie de la boîte de mélange sont égales à :

$$T_{\text{mél}} = (T_{\text{ech}} * Q_{\text{AN}} + T_{\text{rep}} * (Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} - Q_{\text{AN}})) / Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} \quad (\text{Eq 160})$$

$$w_{\text{mél}} = (w_{\text{ext}} * Q_{\text{AN}} + w_{\text{i}_{\text{prev}}} * (Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} - Q_{\text{AN}})) / Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} \quad (\text{Eq 161})$$

Avec :  $w_{\text{ext}}$ , humidité spécifique de l'air extérieur, (kg/kg).

## Ventilateur

La consommation électrique du ventilateur de soufflage,  $P_{vent_{sou}}$ , est égale à :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{sou}} = P_{vent_{sou_{occ}}} * t \quad (\text{Wh})$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{sou}} = P_{vent_{sou_{inocc}}} * t \quad (\text{Wh})$$

la puissance électrique du ventilateur de soufflage étant :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{sou_{occ}}} \quad (\text{W})$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{sou_{inocc}}} \quad (\text{W})$$

La température d'air à la sortie du ventilateur de soufflage,  $T_{s_{sou}}$ , est égale à :

$$T_{s_{sou}} = T_{s_{mel}} + p-el * P_{vent_{sou}} / (Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad (\text{Eq 162})$$

Avec : p-el(ad) ratio d'énergie du ventilateur transmise à l'air.

La valeur conventionnelle de p - el est égale à 0,8.

Le ventilateur de soufflage est traité avant le préchauffage et le pré refroidissement de façon à intégrer l'échauffement du ventilateur dans le bilan. En effet, dans la réalité la sonde de régulation étant dans le groupe, l'apport dû au ventilateur est pris en compte. Cette disposition est sans effet sur les consommations et simplifie les calculs.

## Préchauffage

La température de sortie du préchauffage,  $T_{s_{prechaud}}$ , est calculée de la façon suivante :

$$T_{s_{prechaud}} = \max(T_{c_{prechaud}}, T_{s_{sou}})$$

$T_{c_{prechaud}}$ , étant la consigne de préchauffage.

Tant que la température extérieure est inférieure à la température conventionnelle de préchauffage, fixée à 12°C, la consigne de préchauffage est égale à 20°C. Lorsque la température extérieure devient supérieure, le préchauffage est arrêté.

La consommation d'énergie, (Wh), est alors la suivante :

$$P_{prechaud} = Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * C_{pa} * (\max(T_{c_{prechaud}}, T_{s_{sou}}) - T_{s_{sou}}) \quad (\text{Eq 163})$$

## Prérefroidissement

La déshumidification sur la batterie de refroidissement,  $D_w$ , est déterminée à partir du calcul du facteur de by pass équivalent, BP :

$$BP = \min(1; (T_{c_{prerefroid}} - T_{batt}) / (T_{s_{prechaud}} - T_{batt})) \quad (\text{Eq 164})$$

$$D_w = \min((w_{sat} - w_{s_{mel}}); 0) * (1 - BP) \quad (\text{kg/kg}) \quad (\text{Eq 165})$$

Avec :  $T_{c_{prerefroid}}$ , consigne de pré refroidissement,

$T_{batt}$ , température de surface de batterie,

$w_{s_{mel}}$ , humidité en sortie de boîte de mélange, (kg/kg),

$w_{sat}$ , humidité de l'air à saturation à la température de la batterie, déterminé à partir de  $T_{bat}$ .

La consommation d'énergie, (Wh), la température et l'humidité de sortie sont données par ;

$$T_{s_{prerefroid}} = T_{s_{prechaud}} - \max(0; (T_{s_{prechaud}} - T_{c_{prerefroid}})) \quad (\text{Eq 166})$$

$$w_{s_{prerefroid}} = w_{s_{mel}} - D_w \quad (\text{kg/kg})$$

$$P_{prerefroid} = Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * (C_{pa} * (T_{s_{prerefroid}} - T_{s_{prechaud}}) + L * D_w) \quad (\text{Eq 167})$$

Avec : L, chaleur de vaporisation de l'eau, (J/kg).

Tant que la température extérieure est supérieure à la température conventionnelle de prérefroidissement, fixée à 26°C, la consigne de prérefroidissement est égale à 26°C. Lorsque la température extérieure devient inférieure, le prérefroidissement est arrêté.

Nota : cette modélisation pourra être adaptée pour la prise en compte d'une régulation progressive de la température d'eau dans la batterie

La valeur du facteur de by-pass conventionnel est égale à 0,8.

L'écart conventionnel de température entre la batterie et l'eau froide est égal à 2K.

### Humidification

La température de sortie est égale à :

$$T_{\text{SOU}_{\text{CTA}}} = T_{\text{S}_{\text{prérefroid}}}$$

L'humidité spécifique de sortie à :

$$w_{\text{SOU}_{\text{CTA}}} = w_{\text{S}_{\text{prérefroid}}} + \max(0; (w_{\text{cons}} - w_{\text{S}_{\text{prérefroid}}})) \quad (\text{Eq 168})$$

la consommation de chauffage à :

$$P_{\text{chaudHR}} = Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} * 3600^{-1} * L * \max(0; (w_{\text{cons}} - w_{\text{S}_{\text{prérefroid}}})) \quad (\text{Eq 169})$$

$w_{\text{cons}}$  : consigne d'humidification, kg/kg.

La consigne d'humidification conventionnelle est égale à 0,005 kg/kg.

Remarques :

Les consommations électriques des auxiliaires sont cumulées séparément.

Les batteries antigel, de préchauffage, de prérefroidissement sont reliées chacune à un générateur (électricité, chaleur, froid).

L'humidificateur est relié à un générateur selon son type : à vapeur il est relié à un générateur électrique, autre il est relié au même générateur que la batterie de préchauffage.

### Les unités de toiture

Les unités de toiture sont représentées par :

- une centrale à débit soufflé et extrait constant ne comportant qu'une veine de soufflage comprenant un ventilateur et un registre de mélange, la partie thermodynamique étant traitée dans la génération,
- un émetteur local (voir 14.3.1),
- un réseau hydraulique reliant l'émetteur local à la génération si la génération est centralisée. On entre alors la longueur de ce réseau.

## **14.4 CENTRALES A DEBIT D'AIR VARIABLE MONO CONDUIT REFROIDISSEMENT SEUL CHAUFFAGE TERMINAL**

### **14.4.1 PRINCIPE DE PRISE EN COMPTE**

Les centrales à débit d'air variable sont utilisées pour le traitement des locaux.

On distingue deux modes de gestion du fonctionnement des ventilateurs des centrales à débit d'air variable, voir Tableau 44 et Tableau 45 :

3. fonctionnement permanent possible des ventilateurs en période de chauffage et en période de refroidissement du bâtiment,
4. ventilateurs arrêtés pendant la phase arrêt du chauffage et pendant la phase arrêt du refroidissement. La phase arrêt est la période d'inoccupation au sens de la ventilation hors phase de relance pour laquelle la demande du groupe est nulle.

Pour le second mode de gestion des ventilateurs, le débit minimal soufflé dans la zone neutre de fonctionnement de l'unité terminale (voir Figure 9) est nul.

Pour les autres éléments, on se reportera au 14.3.1.

La centrale DAV est scindée en deux parties :

- Partie 1

Calcul du débit massique minimal et du débit massique en chaud soufflé, pour tous les groupes,

Calcul du débit massique minimal et du débit massique en chaud repris, pour tous les groupes,

Calcul du débit massique minimal d'air neuf,

Calcul de la température de soufflage.

Après la partie 1 a lieu le couplage des groupes avec les systèmes d'émission, voir §11.4.

- Partie 2

Calcul des débits réels totaux soufflés et repris,

Calcul du débit d'air neuf, compte tenu des possibilités de cycle économiseur,

Calcul des consommations.

### **14.4.2 CALCUL DE L'IMPACT DES COMPOSANTS**

#### **14.4.2.1 Partie 1**

- **Calcul des débits massiques soufflés : minimal et en mode chauffage**

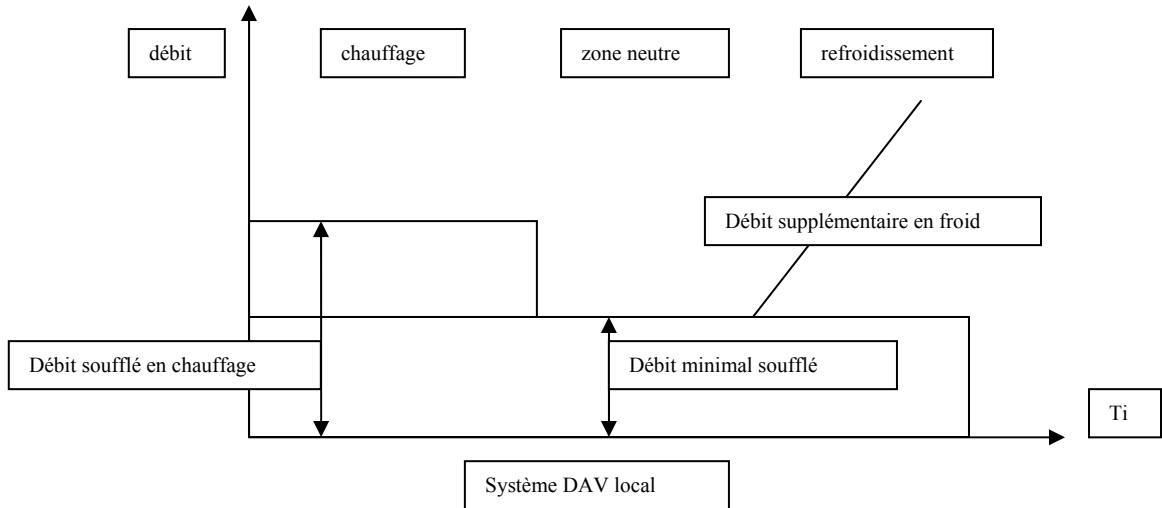


Figure 9 : principe de fonctionnement de l'unité terminale DAV

Pour l'occupation et l'inoccupation au sens de la ventilation, les débits massiques suivants sont déterminés à partir des débits volumiques pour chaque groupe alimenté par la CTA :

$$\rho_{\text{sou}} = f(T_{\text{SOUCTAprev}}, w_{\text{SOUCTAprev}}),$$

$$Q_{\text{masougr}_{\text{mini}}} = Q_{\text{vasougr}_{\text{mini}}} * \rho_{\text{sou}} \quad (\text{kg/h}) \quad (\text{Eq 170})$$

$$Q_{\text{masougr}_{\text{maxiCH}}} = Q_{\text{vasougr}_{\text{maxiCH}}} * \rho_{\text{sou}} \quad (\text{kg/h}) \quad (\text{Eq 171})$$

Avec :  $Q_{\text{vasougr}_{\text{mini}}}$ , débit minimal soufflé dans chacun des groupes desservis, ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),

$Q_{\text{vasougr}_{\text{maxi}}}$ , débit soufflé en mode chauffage dans chacun des groupes desservis quand ils sont en mode chauffage, ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

- **Calcul des débits massiques repris : minimal et en mode chauffage**

$$Q_{\text{marepgr}_{\text{mini}}} = Q_{\text{masougr}_{\text{mini}}}$$

$$Q_{\text{marepgr}_{\text{maxiCH}}} = Q_{\text{masougr}_{\text{maxiCH}}}$$

Les débits calculés pour chaque groupe sont additionnés, on obtient :

$Q_{\text{maTsougr}_{\text{mini}}}$  utilisé dans le couplage.

$Q_{\text{maTsougr}_{\text{maxiCH}}}$  utilisé dans le calcul des échanges à travers l'enveloppe.

$Q_{\text{maTrepgr}_{\text{maxiCH}}}$  utilisé dans le calcul des échanges à travers l'enveloppe.

- **Calcul du débit massique minimal d'air neuf**

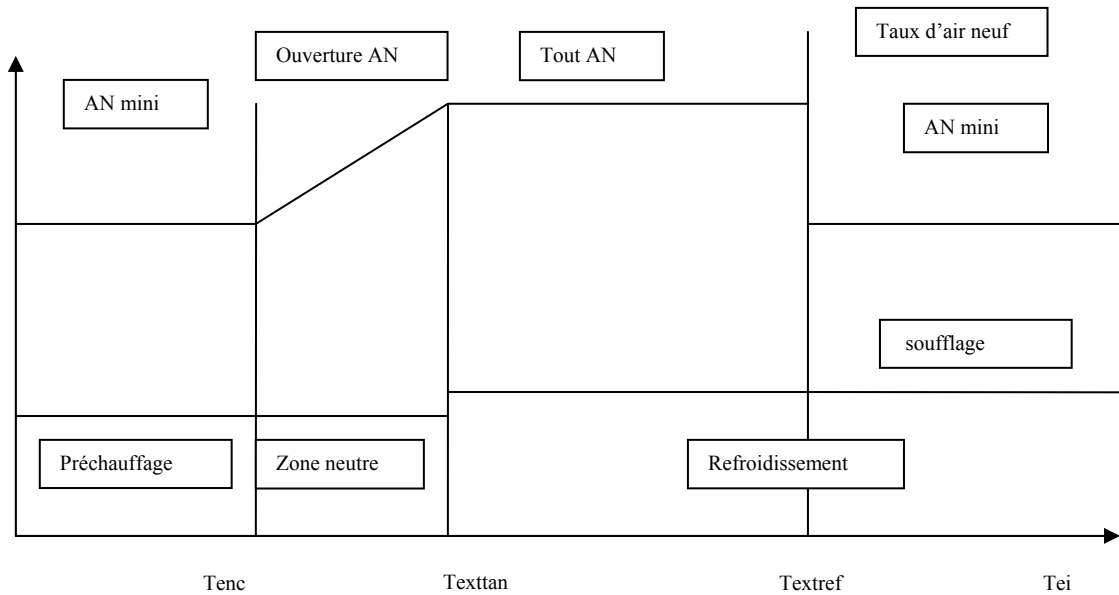
$$\text{En occupation} \quad Q_{\text{mANh}} = Q_{\text{maTsougr}_{\text{mini}}} \quad (\text{Eq 172})$$

$$\text{En inoccupation} \quad Q_{\text{mANh}} = 0$$

- **Calcul de la température de soufflage**

### En occupation

La température de soufflage est donnée en Figure 10.



**Figure 10 : Principe de fonctionnement de la centrale DAV**

Si  $text < T_{enc}$   $T_{sou_{CTA}} = T_{C_{prechaud}}$   
 Sinon si  $Text < Text_{TAN}$   $T_{sou_{CTA}} = Text_{TAN}$   
 Sinon si  $Text < T_{enf}$   $T_{sou_{CTA}} = T_{C_{prerefroid}}$   
 Sinon si  $Text \geq Text_{ref}$   $T_{sou_{CTA}} = T_{C_{prerefroid}}$

$WSO_{CTA} = WSO_{CTA_{prev}}$

### En inoccupation

Si  $text < T_{enc}$   $T_{sou_{CTA}} = T_i$   
 Sinon si  $Text < Text_{TAN}$   $T_{sou_{CTA}} = Text_{TAN} + (T_{i_{prev}} - T_{C_{prechaud}}) * (Text_{TAN} - Text) / (Text_{TAN} - Text_{nc})$   
 Sinon si  $Text < T_{enf}$   $T_{sou_{CTA}} = T_{C_{prerefroid}}$   
 Sinon si  $Text \geq Text_{ref}$   $T_{sou_{CTA}} = T_{C_{prerefroid}}$

$WSO_{CTA} = WSO_{CTA_{prev}}$

Tant que la température extérieure est inférieure à la température conventionnelle de préchauffage,  $T_{enc}$  fixée à  $12^{\circ}\text{C}$ , la consigne de préchauffage est égale à  $15^{\circ}\text{C}$ . Lorsque la température extérieure devient supérieure, le préchauffage est arrêté.

Lorsque la température extérieure est supérieure à la température conventionnelle de fonctionnement en tout air neuf,  $Text_{TAN}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) fixée à  $15^{\circ}\text{C}$ , et inférieure à la température conventionnelle de refroidissement,  $Text_{ref}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) fixée à  $25^{\circ}\text{C}$ , la centrale fonctionne en tout air neuf.

Lorsque la température extérieure est supérieure à la température conventionnelle de fonctionnement en tout air neuf,  $Text_{TAN}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), la centrale fonctionne en mode refroidissement, la consigne de prérefroidissement est égale à  $15^{\circ}\text{C}$ .

Entre  $T_{enc}$  et  $Text_{TAN}$  on passe du débit d'air neuf minimal à tout air neuf.

$Q_{ma}T_{sougr_{mini}}$  et  $T_{sou_{CTA}}$  sont utilisés dans le module croisement.



### 14.4.2.2 Partie 2

- **Calcul des débits réels soufflé et repris : après le croisement**

Pour chaque groupe desservi on calcule le débit réel soufflé selon ses besoins :

En mode froid le débit soufflé est égal à :

$$Q_{ma_{sougFR}} = P_{sys} / (C_p * (T_i - T_{souCTA})) * 3600 + Q_{ma_{sougmini}} \quad (Eq 173)$$

En mode chaud :

$$Q_{ma_{sougmaxiCH}} = \rho_{sou} * Q_{va_{sougmaxiCH}} \quad (Eq 174)$$

$$Q_{ma_{souCH}} = Q_{ma_{repCH}} = Q_{ma_{sougmaxiCH}} \quad (Eq 175)$$

En zone neutre :

$$Q_{ma_{souZN}} = Q_{ma_{sougmini}}$$

Le débit total soufflé par la centrale est égal à la somme des débits soufflés dans tous les groupes desservis :

$$Q_{ma_{sou}} = Q_{ma_{sougFR}} + Q_{ma_{sougmaxiCH}} + Q_{ma_{souZN}} \quad (Eq 176)$$

$$Q_{ma_{rep}} = Q_{ma_{sou}}$$

Avec :  $T_{souCTA}$ , température de soufflage centrale,

$P_{sysFR}$ , besoins en froid pour les groupes desservis, (Wh),

$Q_{ma_{sougmini}}$ , débit minimal soufflé dans les groupes desservis en demande de froid, (kg/h),

$Q_{va_{sougmaxiCH}}$ , débit maximal soufflé dans les groupes desservis en mode chaud, (m<sup>3</sup>/h).

- **Calcul des débits d'air neuf en occupation et en inoccupation**

Le taux d'air neuf dépend de la température extérieure, voir Figure 10 :

Si  $Text < Text_{nc}$

$$Q_{AN} = Q_{m_{ANh}} \quad (Eq 177)$$

Sinon si  $Text_{nc} \leq Text < Text_{TAN}$

$$Q_{AN} = Q_{m_{ANh}} + [(Q_{ma_{sou}} - Q_{m_{ANh}}) * (Text - Text_{nc}) / (Text_{TAN} - Text_{nc})] \quad (Eq 178)$$

Sinon si  $Text_{TAN} \leq Text < Text_{ref}$

$$Q_{AN} = Q_{ma_{sou}}$$

Sinon

$$Q_{AN} = Q_{m_{ANh}} \quad (Eq 179)$$

- **Partie extraction**

La consommation électrique du ventilateur de reprise,  $P_{vent_{rep}}$ , est égale à :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{rep}} = P_{vent_{nom_{rep}_{occ}}} * C_{vent_{DAV}} * t \quad (Annexe A)$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{rep}} = P_{vent_{nom_{rep}_{inocc}}} * C_{vent_{DAV}} * t \quad (Annexe A)$$

la puissance électrique nominale du ventilateur de reprise étant :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{nom_{rep}_{occ}}} \quad (W)$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{nom_{rep}_{inocc}}} \quad (W)$$

La température de l'air à la sortie du ventilateur de reprise,  $T_{s_{rep}}$ , est égale à :

$$T_{s_{rep}} = T_i + p-el * P_{vent_{rep}} / (Q_{ma_{rep}} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad (\text{Eq 180})$$

Avec : p-el (ad), ratio d'énergie du ventilateur transmise à l'air,

$T_i$  (°C), température amont, égale à la température intérieure,

$C_{pa}$  (J/kg/K), chaleur massique de l'air sec.

La valeur conventionnelle de p - el est égale à 0,8.

Remarque :

La puissance nominale électrique totale des ventilateurs de soufflage et de reprise de la centrale est une entrée du calcul. La puissance électrique du ventilateur de soufflage et la puissance électrique du ventilateur de reprise sont, chacune, égales à la moitié de la puissance totale,

- **Partie soufflage**

### Boîte de mélange

La température et l'humidité de l'air à la sortie de la boîte de mélange sont égales à :

$$T_{s_{mél}} = (T_{ext} * Q_{AN} + T_{s_{rep}} * (Q_{ma_{sou}} - Q_{AN})) / Q_{ma_{sou}} \quad (\text{Eq 181})$$

$$w_{s_{mél}} = (w_{ext} * Q_{AN} + w_{i_{prev}} * (Q_{ma_{sou}} - Q_{AN})) / Q_{m_{sou}} \quad (\text{Eq 182})$$

Avec :  $w_{ext}$ , humidité spécifique de l'air extérieur (kg/kg).

### Ventilateur

La consommation électrique du ventilateur de soufflage,  $P_{vent_{sou}}$ , est égale à :

$$\text{Occupation : } P_{vent_{sou}} = P_{vent_{nom_{sou}_{occ}}} * C_{vent_{DAV}} * t \quad (\text{Annexe A})$$

$$\text{Inoccupation : } P_{vent_{sou}} = P_{vent_{nom_{sou}_{inocc}}} * C_{vent_{DAV}} * t \quad (\text{Annexe A})$$

la puissance électrique nominale du ventilateur de soufflage étant :

$$\text{en occupation : } P_{vent_{nom_{sou}_{occ}}} \quad (\text{W})$$

$$\text{en inoccupation : } P_{vent_{nom_{sou}_{inocc}}} \quad (\text{W})$$

La température de l'air à la sortie du ventilateur de soufflage,  $T_{s_{sou}}$ , est égale à :

$$T_{s_{sou}} = T_{s_{mél}} + p-el * P_{vent_{sou}} / (Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * C_{pa}) \quad (\text{Eq 183})$$

Avec : p-el (ad), ratio d'énergie du ventilateur transmise à l'air.

La valeur conventionnelle de p - el est égale à 0,8.

Le ventilateur de soufflage est traité avant le préchauffage et le pré refroidissement de façon à intégrer l'échauffement du ventilateur dans le bilan. En effet, dans la réalité la sonde de régulation étant dans le groupe, l'apport dû au ventilateur est pris en compte. Cette disposition est sans effet sur les consommations et simplifie les calculs.

### Préchauffage

La température de l'air à la sortie du préchauffage,  $T_{sp_{rechaud}}$ , est calculée de la façon suivante :

$$T_{sp_{rechaud}} = \max(T_{C_{prechaud}}, T_{s_{sou}})$$

$T_{C_{prechaud}}$  étant la consigne de préchauffage.

La consommation d'énergie, (Wh), est alors la suivante :

$$P_{prechaud} = Q_{ma_{sou}} * 3600^{-1} * C_{pa} * (\max(T_{C_{prechaud}}, T_{s_{sou}}) - T_{s_{sou}}) \quad (\text{Eq 184})$$

## Prérefroidissement

La déshumidification sur la batterie de refroidissement,  $D_w$ , est déterminée à partir du calcul du facteur de by pass équivalent, BP :

$$BP = \min(1; (T_{C_{\text{prérefroid}}} - T_{\text{batt}}) / (T_{S_{\text{préchaud}}} - T_{\text{batt}})) \quad (\text{Eq 185})$$

$$D_w = \min((w_{\text{sat}} - w_{S_{\text{mél}}}) ; 0) * (1 - BP) \quad (\text{kg/kg}) \quad (\text{Eq 186})$$

Avec :  $T_{C_{\text{prérefroid}}}$ , consigne de pré refroidissement,

$T_{\text{batt}}$ , température de surface de batterie,

$w_{S_{\text{mél}}}$ , humidité en sortie de boîte de mélange, (kg/kg),

$w_{\text{sat}}$ , humidité de l'air à saturation à la température de la batterie, déterminé à partir de  $T_{\text{bat}}$ .

La consommation d'énergie, (Wh), la température et l'humidité de sortie sont donnés par ;

Si  $\text{Text} > \text{Text}_{\text{TAN}}$

$$T_{S_{\text{prérefroid}}} = T_{S_{\text{préchaud}}} - \max(0 ; (T_{S_{\text{préchaud}}} - T_{C_{\text{prérefroid}}})) \quad (\text{Eq 187})$$

$$w_{S_{\text{prérefroid}}} = w_{S_{\text{mél}}} - D_w \quad (\text{kg/kg}) \quad (\text{Eq 188})$$

$$P_{\text{prérefroid}} = Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} * 3600^{-1} * (C_{\text{pa}} * (T_{S_{\text{prérefroid}}} - T_{S_{\text{préchaud}}}) + L * D_w) \quad (\text{Eq 189})$$

Sinon

$$T_{S_{\text{prérefroid}}} = T_{S_{\text{préchaud}}}$$

$$w_{S_{\text{prérefroid}}} = w_{S_{\text{mél}}} \quad (\text{g/kg})$$

$$P_{\text{prérefroid}} = 0$$

Avec : L, chaleur de vaporisation de l'eau, (J/kg).

Note : cette modélisation pourra être adaptée pour la prise en compte d'une régulation progressive de la température d'eau dans la batterie

La valeur du facteur de by-pass conventionnel est égale à 0,8.

L'écart conventionnel de température entre la batterie et l'eau froide est égal à 2K.

## Humidification

La consommation de chauffage, et l'humidité de l'air à la sortie de l'humidificateur sont données par :

Si  $\text{Text} < T_{\text{enc}}$

$$w_{S_{\text{OUTA}}} = w_{S_{\text{prérefroid}}} + \max(0; (w_{\text{cons}} - w_{S_{\text{prérefroid}}})) \quad (\text{Eq 190})$$

$$P_{\text{chaudHR}} = Q_{\text{ma}_{\text{sou}}} * 3600^{-1} * L * \max(0; (w_{\text{cons}} - w_{S_{\text{prérefroid}}})) \quad (\text{Eq 191})$$

Sinon

$$w_{S_{\text{OUTA}}} = w_{S_{\text{prérefroid}}}$$

$$P_{\text{chaudHR}} = 0$$

Avec :  $w_{\text{cons}}$ , consigne d'humidification, kg/kg,

La consigne d'humidification conventionnelle est égale à 0,005 kg/kg.

La température de l'air à la sortie est la suivante :  $T_{S_{\text{OUTA}}} = T_{S_{\text{prérefroid}}}$ .

## 15. PERTES DE DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Cette partie permet de calculer pour chaque zone :

- les pertes de distribution : énergie perdue dans le circuit de distribution de l'eau chaude sanitaire,
- les consommations des auxiliaires de distribution.

La distribution d'eau chaude sanitaire comprend deux parties :

- la distribution individuelle, toujours présente,
- la distribution collective bouclée ou tracée.

Les pertes de la distribution individuelle  $Q_{d,w\_ind}$  et de la distribution collective  $Q_{d,w\_col}$  s'additionnent pour donner les pertes de distribution  $Q_{d,w}$ . Les pertes peuvent avoir lieu en volume chauffé ( $Q_{d,w\_ind,vc}$  et  $Q_{d,w\_col,vc}$ ) ou hors volume chauffé ( $Q_{d,w\_ind,hvc}$  et  $Q_{d,w\_col,hvc}$ ).

$$Q_{d,w} = Q_{d,w\_ind,vc} + Q_{d,w\_ind,hvc} + Q_{d,w\_col,vc} + Q_{d,w\_col,hvc} \quad (\text{Eq 192})$$

Les pertes en volume chauffé ( $Q_{d,w\_ind,vc}$  et  $Q_{d,w\_col,vc}$ ) sont récupérables avec un ratio de récupération de 0,6, les pertes hors volume chauffé ( $Q_{d,w\_ind,hvc}$  et  $Q_{d,w\_col,hvc}$ ) ne le sont pas.

$$Q_{d,w\_rec} = (Q_{d,w\_ind,vc} + Q_{d,w\_col,vc}) * 0,6$$

Quatre cas se présentent, pour chacun on calcule des pertes thermiques.

On calcule des consommations électriques de circulateur pour le cas 3 et des consommations électriques de traçage pour le cas 4.

On définit les grandeurs suivantes :

$$R_{dist_{ECS}} = L_{vc} / A_z$$

$L_{vc}$  : longueur en volume chauffé avec les valeurs par défaut suivantes :

$$L_{vc} = 0,2 * A_z * Rat_{ECS} \quad \text{en résidentiel et en hébergement}$$

$$L_{vc} = 0,05 * A_z * Rat_{ECS} \quad \text{pour les autres usages}$$

### 15.1 PRODUCTION INDIVIDUELLE EN VOLUME HABITABLE CHAUFFE

$$Q_{d,w\_ind,vc} = 0,5 * R_{dist_{ECS}} * Q_w \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 193})$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0$$

$$Q_{d,w\_col} = 0$$

## 15.2 PRODUCTION INDIVIDUELLE HORS VOLUME CHAUFFE

$$Q_{d,w\_ind\ vc} = 0,5 \cdot R_{dist_{ECS}} \cdot Q_w \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 194})$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0,5 (L_{hvc} / A_z) \cdot Q_w \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 195})$$

Avec :

$L_{hvc}$  : longueur de la partie individuelle du réseau hors volume chauffé (m). Sa valeur conventionnelle est égale à 4% de la surface desservie,  $A_z \cdot Rat_{ECS}$ .

$$Q_{d,w\_col} = 0$$

## 15.3 PRODUCTION COLLECTIVE RESEAU BOUCLE

$$Q_{d,w\_ind,vc} = 0,5 \cdot R_{dist_{ECS}} \cdot Q_w \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 196})$$

$$Q_{d,w\_ind,hvc} = 0 \quad (\text{Eq 197})$$

La distribution collective, en réseau bouclé, est caractérisée par une circulation d'eau chaude permanente ou programmée pour maintenir en température l'ECS distribuée. Les pertes sont celles liées à l'émission de la canalisation en régime permanent.

Elles sont données par la formule suivante :

$$Q_{d,w\_col} = 0.14 \cdot Q_w \quad (\text{Eq 198})$$

$$Q_{d,w\_col\ vc} = 0.8 \cdot Q_{d,w\_col}$$

$$Q_{d,w\_col\ hvc} = 0.2 \cdot Q_{d,w\_col}$$

### Puissance électrique par défaut des circulateurs pour un réseau bouclé

Le débit au départ de la boucle est égal à :

$$q_{d,w} = \left( \frac{Q_{d,w}}{1,163 \cdot \Delta\theta_{\max}} \right) \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (\text{Eq 199})$$

$\Delta\theta_{\max}$  = chute maximum de température prise égale à 5°C.

La longueur du bouclage le plus défavorisé est égale à :

$$L_{b\_def} = 2 \cdot \left[ 2 \cdot \left( \frac{A_{zone}}{n_{niv}} \right)^{0,5} + 3 \cdot (n_{niv} - 0,5) \right] \quad (\text{m}) \quad (\text{Eq 200})$$

La perte de charge dans le bouclage dépend de la longueur et est égale à :

$$\Delta p_b = 0,2 \cdot L_{b\_def} + 10 \quad (\text{kPa}) \quad (\text{Eq 201})$$

La puissance hydraulique du bouclage est égale à :

$$P_{hyd\_b} = (q_{d,w} \cdot \Delta p_b) / 3,6 \quad (\text{W}) \quad (\text{Eq 202})$$

L'efficacité du circulateur est égale à :

$$Eff_{cir\_d,w} = P_{hyd\_b}^{0,324} / 15,3 \quad (-) \quad (\text{Eq 203})$$

La puissance électrique du circulateur est égale à :

$$P_{\text{cir\_d,w}} = \max(20; P_{\text{hyd\_b}} / \text{Eff}_{\text{cir\_d,w}}) \quad (\text{W}) \quad (\text{Eq 204})$$

La consommation électrique des pompes est calculée par :

$$Q_{\text{cir\_d,w}} = P_{\text{cir\_d,w}} \quad (\text{Wh}) \quad (\text{Eq 205})$$

On considère que les pertes ne sont pas récupérables.

#### 15.4 PRODUCTION COLLECTIVE RESEAU TRACE

$$Q_{\text{d,w\_ind vc}} = 0,5 \cdot R_{\text{dist}_{\text{ECS}}} \cdot Q_{\text{w}} \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 206})$$

$$Q_{\text{d,w\_ind,hvc}} = 0 \quad (\text{Eq 207})$$

La distribution collective avec traçage est caractérisée par une circulation d'eau chaude avec un traceur qui est en fonctionnement permanent. Le réseau tracé ne comporte pas de circulateur. Le traceur ne contribue pas à la génération. La longueur tracée est égale à la longueur « aller » ou « départ » prise égale à la moitié de la longueur totale des canalisations d'un réseau bouclé. Les pertes thermiques de distribution sont compensées par le traceur par effet Joule direct.

Elles sont données par la formule suivante :

$$Q_{\text{d,w\_col}} = 0.07 \cdot Q_{\text{w}} \quad (\text{Eq 208})$$

$$Q_{\text{d,w\_col vc}} = 0.8 \cdot Q_{\text{d,w\_col}}$$

$$Q_{\text{d,w\_col hvc}} = 0.2 \cdot Q_{\text{d,w\_col}}$$

$$P_{\text{trac\_dw}} = Q_{\text{d,w\_col}}$$

## 16. PERTES DE STOCKAGE HORS GENERATEURS STOCKEURS

On traite ici :

- des chauffe-eau électriques à accumulation,
- des ballons de stockage d'eau chaude,
- des pertes de stockage des accumulateurs.

Cette partie permet de calculer :

- les pertes de stockage,
- les pertes de stockage récupérables.

Les stockeurs générateurs à gaz sont traités dans la partie génération, de même que la consommation d'énergie de la résistance électrique pour les ballons à résistance incorporée.

Les pertes des ballons d'un volume inférieur à 10 l sont négligées.

### 16.1 CARACTERISATION DES PRODUITS

#### 16.1.1 CHAUFFE EAU ELECTRIQUES

Les ballons électriques sont caractérisés par les pertes exprimées en kWh par jour selon la norme NF EN 60379.

Les valeurs par défaut correspondent à l'exigence minimale de catégorie A de la marque NF électricité performance soit, en fonction de volume de stockage aux valeurs suivantes :

Type de chauffe eau	Q <sub>p,r</sub>
Chauffe-eau à accumulation horizontal	0,939 + 0,0104 V
Chauffe-eau à accumulation vertical de volume supérieur ou égal à 75 l	0,224 + 0,0663 V <sup>2/3</sup>
Chauffe-eau à accumulation vertical de volume inférieur à 75 l	0,1474 + 0,0719 V <sup>2/3</sup>

**Tableau 54 : Valeurs par défaut des pertes Q<sub>pr</sub> en kWh/jour**

La constante de refroidissement est calculée par la formule suivante :

$$Cr = 1000 (Q_{pr} / (45 V))$$

Où

Cr est la constante de refroidissement en Wh/(l.K.jour),

Q<sub>pr</sub> sont les pertes en kWh / jour,

V est le volume du ballon en l.

Cette formule est l'inverse de la formule du §16.2 Pertes brutes et permet ainsi de retrouver les pertes conventionnelles.

### 16.1.2 AUTRES BALLONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE PAR ACCUMULATION (BALLONS DE STOCKAGE)

Les ballons d'ECS dissociés de la production ne sont pas caractérisés. Les valeurs de  $C_r$  prises en compte sont les valeurs par défaut.

Les valeurs par défaut sont les suivantes :

Ballon d'eau chaude	$4,2 \cdot V_s^{-0,45}$
---------------------	-------------------------

**Tableau 55 : Valeurs par défaut des constantes de refroidissement,  $C_r$**

### 16.2 PERTES BRUTES

Les pertes d'un ballon s'expriment par :

$$Q_{g,w} = V_s \cdot C_r \cdot (\theta_{ecs} - \theta_{amb}) / 24. \text{ (Wh)} \quad \text{(Eq 209)}$$

avec :

$V_s$  = volume de stockage (l) (I)

$C_r$  = constante de refroidissement (Wh/l.K.jour)

$\theta_{ecs}$  = température de stockage d'ECS, prise à 65°C

$\theta_{amb}$  = température du local où est situé le stockage, prise égale à 20 (°C)

### 16.3 PERTES RECUPERABLES

Les pertes récupérables des ballons dépendent de l'emplacement du stockage :

$$Q_{g,w\_rec} = Q_{g,w} \cdot Rrecgen \quad \text{(kWh)} \quad \text{(Eq 210)}$$

$Rrecgen$  est le rendement de récupération du système de génération.

On injecte ces pertes au pas de temps suivant.



## 17. GENERATION DE CHALEUR, DE FROID ET D'ECS

Cette partie permet de calculer au pas de temps horaire :

- les pertes nettes de génération,
- la consommation d'énergie des auxiliaires de génération,
- les pertes récupérables de la génération et des auxiliaires.

Ces pertes sont affectées d'un rendement de récupération  $R_{recgen}$  égal à 0,6 si le générateur est situé en volume habitable chauffé et à 0 sinon.

Ce calcul est effectué pour le chauffage, le refroidissement et la production d'eau chaude sanitaire.

On utilise pour ces calculs des données provenant d'autres parties :

- besoins de chaleur et besoins de froid aux bornes de la génération,

et des données spécifiques fournies par l'utilisateur :

- position de la génération,
- caractéristiques de chaque générateur,
- mode de gestion de la génération.

On notera que ce que l'on appelle génération est un ensemble de générateurs fournissant conjointement de la chaleur ou du froid pour un ou plusieurs usages.

Un générateur peut avoir les modes de productions suivants :

- Chauffage seul
- Refroidissement seul
- Chauffage et refroidissement
- Chauffage et fourniture ECS par fonctionnement continu
- Chauffage et fourniture ECS par fonctionnement intermittent
- Fourniture ECS par fonctionnement intermittent.

### 17.1 STRUCTURE DU CALCUL

Les calculs de consommations sont effectués pour chaque heure.

Ils passent par les étapes suivantes :

- calcul de la charge de la génération,
- calcul de la température de fonctionnement de la génération,
- calcul de la charge de chaque générateur,
- détermination des générateurs isolés hydrauliquement du réseau,
- calcul des pertes pour chaque générateur,
- calcul des consommations des auxiliaires de génération.

## 17.2 CHARGE DE LA GENERATION

La charge de la génération s'obtient en additionnant l'ensemble des besoins des émetteurs et des pertes de distribution correspondant aux circuits de chauffage, de refroidissement et d'eau chaude sanitaire.

On additionne donc

1) pour le chauffage :

- les besoins de chauffage,
- les besoins de préchauffage des centrales de traitement d'air,
- les besoins d'eau chaude sanitaire,
- les pertes de distribution d'eau chaude sanitaire,
- les pertes de stockage d'eau chaude sanitaire,
- les pertes au dos des émetteurs,
- les pertes de distribution de chauffage.

2) pour le refroidissement :

- les besoins de refroidissement,
- les besoins de pré refroidissement des centrales de traitement d'air
- les pertes au dos des émetteurs,
- les pertes de distribution de refroidissement.

Dans le cas où la génération dessert plusieurs zones, les pertes de générations sont appliquées à chaque zone au prorata de la charge de chaque zone.

Dans le cas où la génération dessert plusieurs bâtiments, les pertes de générations sont attribuées à chaque bâtiment au prorata de la charge de chaque bâtiment.

## 17.3 TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT DE LA GENERATION DE CHALEUR PAR GENERATEUR A COMBUSTION

La température de fonctionnement de la génération dépend de son mode de gestion. On distingue trois modes de gestion :

- à température constante,
- en fonction de la température extérieure,
- en fonction de la température intérieure.

La température de fonctionnement de la génération en chauffage est donnée par la formule suivante :

$$\theta_{wh, g} = \max(\theta_{\min}, \theta_{reg, gen}) \quad (\text{Eq 211})$$

où  $\theta_{reg, gen}$  est égal à :

- $\theta_{wm}$  si la régulation est à température constante,
- $\theta_{wm} + \frac{(\theta_{ei} - \theta_{eb})}{(\theta_{nor} - \theta_{eb})} x(\theta_{nor} - \theta_{wm})$  et  $\theta_{wm}$  en phase relance, si la régulation est en fonction de l'extérieur,
- $\frac{\theta_d + \theta_{r, amont}}{2}$  si la régulation est en fonction de la température intérieure,

avec :

$\theta_{wh, g}$  : température de fonctionnement de la génération,

$\theta_{\min}$  : température moyenne minimale de fonctionnement de la génération avec les valeurs conventionnelles suivantes :

$\theta_{\min} = 20^\circ\text{C}$  pour une chaudière de type condensation,

$\theta_{\min} = 35^\circ\text{C}$  pour une chaudière de type basse température,

$\theta_{\min} = 45^\circ\text{C}$  pour tous les autres générateurs.

$\theta_{reg, gen}$  : température de régulation de génération,

$\theta_d$  : température de départ calculée au § 13,

$\theta_{r, amont}$  : température de retour calculée au §13,

$\theta_{wm}$  : température moyenne de dimensionnement donnée dans le Tableau 50. En présence de plusieurs types d'émetteurs, cette température est la plus élevée des valeurs correspondant aux différents émetteurs.

$\theta_{nor}$  : Température intérieure de consigne.

$\theta_{amb} = 20^\circ\text{C}$

On considère que le générateur est en phase arrêt si la puissance à fournir est nulle (ceci implique que les réseaux de distribution sont en phase arrêt et que le générateur n'est pas relié à un ballon de stockage).

Dans ce cas,  $\theta_{wh, g} = \theta_{amb}$  si le générateur est régulé selon la température intérieure ou si le générateur est isolé hydrauliquement,  $\theta_{wh, g} = \theta_{\min}$  pour les autres modes de régulation et pour les générateurs non isolés hydrauliquement.

Par convention, la température de fonctionnement retenue pour la production d'ECS est de  $70^\circ\text{C}$  en période de puisage.

## 17.4 CHARGE DE CHAQUE GENERATEUR

La répartition des charges entre les générateurs dépend de leur mode de gestion. On distingue les modes de gestion ci-dessous :

Mode de gestion	Principe	Exemple
Sans priorité	Les générateurs sont utilisés simultanément de façon à avoir des temps de fonctionnement équivalents	Chauffage individuel en immeuble collectif. Génération composée sans gestion en séquence
Avec priorité	On utilise prioritairement les générateurs les plus performants	Génération composée avec gestion en séquence

**Tableau 56 : Mode de gestion des priorités entre générateurs**

Connaissant la puissance que doit fournir la génération, le calcul de la quantité de chaleur à fournir par chaque générateur est effectué de la façon suivante :

- **si la gestion se fait sans priorité :**
  - la puissance fournie par chaque générateur est proportionnelle à sa puissance nominale,
- **si la gestion se fait avec priorité :**
  - on assigne la puissance à fournir par priorité aux générateurs les plus performants.
  - ceci conduit à avoir un certain nombre de générateurs fonctionnant à pleine puissance, un seul générateur fonctionnant à charge partielle, les autres générateurs ne fournissant aucune puissance.

## 17.5 RACCORDEMENT DES GENERATEURS

Deux types de gestion du raccordement des générateurs en cascade sont possibles :

Raccordement des générateurs au réseau	
Permanent	Le générateur est relié au réseau et a donc des pertes même quand il ne fournit pas de chaleur
Avec isolement	Le générateur est isolé hydrauliquement du réseau lorsque la puissance qu'il fournit est nulle. Il n'a alors pas de pertes.

**Tableau 57 : Type de raccordement au réseau des générateurs**

Connaissant la charge affectée à chaque générateur et son mode de raccordement, on peut déterminer s'il a des pertes.

Les pertes de génération du chauffage sont nulles pour les générateurs avec isolement fournissant une puissance nulle.

## 17.6 PERTES DES GENERATEURS

### 17.6.1 GENERATEUR A EFFET JOULE

Pour les appareils de chauffage par effet Joule, c'est-à-dire sans fluide intermédiaire, ce qui est le cas des convecteurs, des plafonds chauffants, etc, les pertes de distribution et les pertes de génération sont égales à 0.

Pour les ballons électriques ECS à résistance intégrée, les consommations sont égales aux besoins augmentés des pertes calculées en §16.

Pour les générateurs à effet joule avec éléments de stockage séparés de la génération les pertes propres de génération sont calculées de la façon suivante.

La norme C 73-225 définit la consommation conventionnelle d'entretien, Cce, exprimée en kWh/jour pour un écart de température de 50 K.

On obtient les pertes de génération :

- en calculant d'abord leur valeur pour un écart de 50 K avec :

$$Q_{50} = 1000.Cce / 24 \quad (W) \quad (Eq 212)$$

- en corrigeant pour l'adapter à des températures différentes :

$$Q_g = Q_{50} \cdot \left( \frac{\theta_{wh,g} - 20}{50} \right)^{1,25} \quad W \quad (Eq 213)$$

Compte tenu du seuil fixé pour Cce dans la norme, la valeur par défaut de  $Q_{50}$  est donnée ci-dessous,  $P_n$  étant la puissance nominale en W :

$$Q_{50} = 170 + 0,023 \cdot P_n \quad (W) \quad (Eq 214)$$

Les pertes récupérables sont égales à :

$$Q_{g\_rec} = Rrecgen Q_g$$

Les consommations des auxiliaires sont nulles.

### 17.6.2 ACCUMULATEURS GAZ

Les caractéristiques des accumulateurs sont les suivantes :

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Débit calorifique nominal $P_n$	kW	EN89
Volume de stockage $V_s$	l	EN89
Rendement sur PCI $R_{H\_Pn}$	%	EN89
Puissance d'entretien $C_e$	W	EN89
Type	<ul style="list-style-type: none"> <li>• À condensation</li> <li>• Autres</li> </ul>	
Vitesse de montée en température	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appareils de plus de 200 l avec temps de montée en température &lt; 45 min</li> <li>• Autres</li> </ul>	

Tableau 58 : Caractéristiques des accumulateurs gaz

Pour l'application de la méthode Th-C l'accumulateur est traité comme une chaudière complétée d'un ballon.

Pour le ballon, la perte d'entretien,  $C_e$ , est calculées comme suit :

	<b>Ce puissance d'entretien en W</b>
Appareils de plus de 200 l avec temps de montée en température inférieure à 45 min	$9.V_s^{2/3} + 0,017 P_n$
Autres appareils	$11.V_s^{2/3} + 0,015 P_n$

**Tableau 59 : puissance d'entretien des accumulateurs gaz**

Les pertes de stockage liées sont donc :

$$Q_{g,w} = C_e (Wh) \quad (Eq 215)$$

Le rendement PCI à pleine charge par défaut est indiqué au Tableau 66.

Les éléments pour le calcul des pertes à l'arrêt par défaut sont indiqués au Tableau 67.

Les pertes récupérables sont affectées du coefficient  $R_{recgen}$ .

### **17.6.3 GENERATEUR A COMBUSTION**

On traite ici :

- les chaudières au gaz ou au fioul,
- les générateurs d'air chaud fonctionnant au gaz,
- la fonction réchauffeur des refroidisseurs de liquide à absorption gaz,
- les panneaux et tubes radiants gaz,
- les radiateurs gaz à ventouse,
- les chauffe-eau gaz,
- les chaudières bois.

#### **17.6.3.1 Caractérisation des produits**

Les tableaux suivants donnent pour les différents types de produits les caractéristiques nécessaires au calcul. Ils indiquent également les normes de mesure à utiliser si on ne prend pas les valeurs par défaut.

## 17.6.3.1.1 Chaudières au gaz ou au fioul

Pour les chaudières de puissance inférieure à 400 kW le marquage CE est considéré comme une certification. Pour les chaudières de puissance supérieure à 400 kW la mesure du rendement par un organisme accrédité est équivalente à une certification.

En absence de normes européennes, les normes nationales équivalentes peuvent être la référence d'une certification.

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$ en kW pour une température de 70 °C	kW	En 297 EN 303.1 EN 303.2 EN 303.3 EN 304 EN 483 EN 656 EN 677
Type de chaudière	Standard Basse temperature Condensation	
Présence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion (brûleur à air soufflé, brûleur à air soufflé automatique, brûleur à prémélange total, brûleur atmosphérique assisté d'un ventilateur, ventilateur d'extraction, extracteur des produits de combustion...)	oui/non	
Rendement sur PCI à 100 % de charge pour une température d'eau de 70 °C $R_{P_n}$	%	Idem
Rendement sur PCI à charge partielle pour une température d'eau $\theta_{mes}$ : $R_{P_{int}}$	%	Idem
Pertes à charge nulle pour un écart de température de 30 °C $Q_{p0}$	W	Idem
Puissance électrique des auxiliaires de génération : $P_{cir.g}$	W	
Température minimum de fonctionnement $\theta_{min}$	°C	

**Tableau 60 : Caractérisation des chaudières au gaz et au fioul**

## 17.6.3.1.2 Générateurs d'air chaud

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$ en kW pour une température de 70 °C	kW	NF EN 1196 NF EN 778 PrEN 1319 NF EN 621 NF EN 1020 EN 525
Type de générateur	Générateur d'air chaud à condensation Générateur d'air chaud sans condensation Panneau ou tube radiant	
Type de brûleur	Atmosphérique Air pulsé	
Rendement sur PCI à 100 % de charge $R_{Pn}$	%	Idem
Puissance à débit minimal $P_{int}$	kW	Idem
Rendement sur PCI à charge minimale $R_{Pint}^*$	%	Idem
Pertes à charge nulle : $Q_{p0}^{**}$	W	
Puissance électrique des auxiliaires de génération : $P_{cir.g}$	W	
Température minimum de fonctionnement $\theta_{min}$	°C	

Tableau 61 : Caractérisation des générateurs d'air chaud

- \* Ces valeurs n'apparaissent que pour les systèmes avec régulation modulante ou tout ou peu.
- \*\* Cette valeur n'est aujourd'hui pas mesurée. On aura donc recours aux valeurs par défaut décrites plus loin. Elle n'est introduite ici que pour permettre une évolution ultérieure.

## 17.6.3.1.3 Tubes et panneaux radiants

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$	kW	NF-E31-401 E 31-402 E 31-403-1
Rendement sur PCI $R_{Pn}$	%	Idem
Avec ventilateur côté émission	Oui/non	
Puissance ventilateur côté émission	W	

Tableau 62 : Caractérisation des tubes et panneaux radiants



## 17.6.3.1.4 Radiateurs gaz

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$	kW	pr EN613 pr EN 1266
Rendement sur PCI $R_{Pn}$	%	idem
Avec ventilateur côté combustion	Oui/non	
Puissance ventilateur côté combustion	W	
Avec ventilateur côté émission	Oui/non	
Puissance ventilateur côté émission	W	

Tableau 63 : Caractérisation des radiateurs gaz

## 17.6.3.1.5 Chauffe eau gaz

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$ en kW pour une température de 70 °C	kW	EN 26
Rendement sur PCI à 100 % de charge $R_{Pn}$	%	EN 26

Tableau 64 : Caractérisation des chauffe-eau gaz

## 17.6.3.1.6 Chaudières bois

La mesure du rendement par un organisme accrédité est considérée à titre transitoire comme équivalente à une certification.

	Unité ou possibilités	Norme de référence
Puissance nominale $P_n$ en kW pour une température de 70°C	kW	NF EN 303-5 prEN 12809
Type de générateur	Classe 3 Classe 2 Classe 1	
Rendement sur PCI à 100 % de charge $R_{Pn}$	%	idem
Charge utile minimale $P_{min}$	kW	NF EN 303-5
Rendement sur PCI à charge minimale $R_{Pint}$	%	NF EN 303-5
Type tirage	Naturel/air pulsé	
Type alimentation	Automatique /manuelle	
Puissance électrique des auxiliaires de génération : $P_{cir.g}$	W	

Tableau 65 : Caractérisation des chaudières bois

### 17.6.3.2 Valeurs par défaut

En l'absence de connaissances sur les produits, on utilisera les valeurs données dans les tableaux suivants ; il est possible, si on ne connaît que certaines valeurs pour un produit donné, d'utiliser ces valeurs et d'utiliser les valeurs par défaut pour les caractéristiques inconnues.

Les pénalités pour non-certification ne s'appliquent pas aux valeurs par défaut.

Pour les quatre variables ci-dessous les quatre tableaux suivants fournissent les valeurs à introduire dans les formules de calcul :

$$R_{Pn} = A + B \cdot \text{Log } P_n \quad (\%) \quad (\text{Eq 216})$$

$$R_{Pint} = C + D \cdot \text{Log } P_n \quad (\%) \quad (\text{Eq 217})$$

$$Q_{p0} = P_n \cdot (E + F \cdot \text{Log } P_n) / 100 \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 218})$$

$$P_{cir,g} = G + H \cdot P_n \quad (\text{W}) \quad (\text{Eq 219})$$

où :

$P_n$  est exprimée en kW

$P_{cir,g}$  = puissance des auxiliaires de la génération

Libellé	$R_{Pn}$		$R_{Pint}$	
	A	B	C	D
<b>Chaudières au gaz ou au fioul</b>				
Chaudière standard.	84	2	80	3
Chaudière basse température	87,5	1,5	87,5	1,5
Chaudière condensation.	91	1	97	1
<b>Chaudières bois</b>				
Classe 3	67	6	68	6
Classe 2	57	6	58	6
Classe 1	47	6	48	6
<b>Radiateurs gaz</b>				
$P_n < 5$ kW	80			
$P_n > 5$ kW sans ventilateur côté combustion	82			
$P_n > 5$ kW avec ventilateur côté combustion	84			
<b>Chauffe-eau gaz</b>				
Chauffe-eau gaz < 10 kW	82			
Chauffe-eau gaz > 10 kW	84			
<b>Accumulateurs gaz</b>				
Accumulateur gaz	84			
Accumulateur gaz à condensation	98			
<b>Générateurs d'air chaud gaz</b>				
Standard	84		77	
Condensation	90		83	
<b> Tubes et panneaux radiants gaz</b>				
Tubes radiants	85			
Panneaux radiants	90			

**Tableau 66 : Rendements par défaut**

Les cases en grisé correspondent à des produits pour lesquels ces valeurs ne sont pas nécessaires.

	E	F
<b>Chaudières à combustible liquide ou gazeux</b>		
Absence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	2,5	-0,8
Présence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	1,75	-0,55
<b>Chaudières bois</b>	1,5	-0,8
<b>Générateurs d'air chaud</b>	1,75	-0,55
<b>Accumulateurs gaz appareils de plus de 200l avec temps démontée en température &lt;45 mn</b>	1,7	0
<b>Autres accumulateurs gaz</b>	1,5	0

**Tableau 67 : Pertes à charge nulle par défaut**

	G (W)	H (W/kW)
Générateur référence	20	1,6
<b>Chaudières au gaz ou au fioul</b>		
Sans veilleuse	20	1,6
<b>Chaudières bois</b>		
Tirage naturel alimentation manuelle	0	0
Air pulsé alimentation manuelle	73,3	0,52
Tirage naturel alimentation automatique	0	10
Air pulsé alimentation automatique	73,3	10,52
<b>Générateurs d'air chaud</b>		
Sans ventilateur côté émission	0	4
Avec ventilateur côté émission	0	54
<b>Tubes radiants</b>		
Avec ventilateur côté émission	0	54
<b>Radiateurs gaz</b>		
Par ventilateur (on compte séparément les ventilateurs côté combustion et côté émission)	40	0
<b>Chauffe eau gaz</b>	0	0
<b>Accumulateurs gaz</b>	0	0

**Tableau 68 : Puissances d'auxiliaires par défaut**

Dans le cas des chaudières au gaz ou au fioul, les équations (216) à (219) sont valables pour un puissance nominale inférieure ou égale à 400 kW. On conservera les valeurs pour  $P_n = 400$  kW si  $P_n > 400$  kW.

Pour les générateurs d'air chaud, ces équations sont valables pour un puissance nominale inférieure ou égale à 300 kW. On conservera les valeurs pour  $P_n = 300$  kW si  $P_n > 300$  kW

Pour les chaudières bois, ces équations sont valables pour un puissance nominale inférieure ou égale à 70 kW. On conservera les valeurs pour  $P_n = 70$  kW si  $P_n > 70$  kW.

### 17.6.3.3 Principe de calcul

La performance des générateurs est déterminée par le calcul des pertes en valeur absolue et non pas en valeur relative (rendement). L'expression en valeur absolue permet une approche physique plus explicite, de plus les pertes peuvent être additionnées.

Trois méthodes de calcul différentes sont utilisées :

- la première méthode, dite méthode générale, s'applique à la plupart des générateurs assurant le chauffage et à ceux assurant la fourniture d'eau chaude sanitaire,
- la seconde méthode, dite méthode pour la production intermittente d'eau chaude s'applique aux générateurs assurant uniquement la fourniture d'eau chaude sanitaire et fonctionnant de façon intermittente,
- la troisième méthode, dite méthode simplifiée, s'applique aux radiateurs gaz et aux tubes et panneaux radiants gaz.

La fourniture d'eau chaude sanitaire est assurée par un fonctionnement intermittent si les deux conditions suivantes sont respectées :

- en l'absence de demande d'eau chaude sanitaire le générateur n'est pas maintenu en température, sa seule consommation d'énergie est alors celle éventuelle de sa veilleuse,
- en période de demande d'eau chaude, le générateur fonctionne à pleine puissance.

La seconde méthode est appliquée en dehors de la période de chauffage aux générateurs assurant la fourniture du chauffage et de l'eau chaude sanitaire sous réserve que cette dernière soit assurée de façon intermittente.

### 17.6.3.4 Méthode générale

La méthode générale consiste :

1) à exprimer les pertes pour trois niveaux de charge différents :

- les pertes à 100 % de charge,  $Q_{P100}$ ,
- les pertes pour une charge intermédiaire,  $Q_{Pint}$ ,
- les pertes à 0 % de charge,  $Q_{P0}$ .

La charge intermédiaire et le calcul des pertes pour les trois niveaux de charge dépendent du type de générateur.

2) à calculer les pertes pour la charge du générateur par interpolation linéaire entre ces trois points. La formule d'interpolation est unique quel que soit le générateur.

#### 17.6.3.4.1 Pertes à 100% de charge

Pour tous les types de générateurs on connaît le rendement à pleine charge,  $R_{Pn}$ , en % et la puissance nominale  $P_n$  exprimée en kW.

Les pertes à 100 % de charge s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{P100} = \frac{(100 - R_{Pn})}{R_{Pn}} \cdot P_n \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 220})$$

*Cas particulier des chaudières au gaz ou au fioul*

Le rendement à 100 % est mesuré pour une température de la chaudière de 70°C. On considère que le rendement augmente de 1 % chaque fois que la température de la chaudière baisse de 10°C. Le rendement  $R_{Pn}$  de la formule ci-dessus est donc remplacé par :

$$R_{Pn} + 0,1 \cdot (70 - \theta_{wh,g}) \quad (\%) \quad (\text{Eq 221})$$

*17.6.3.4.2 Pertes pour une charge intermédiaire*

Cette charge dépend du type de générateur et est la suivante :

	Charge intermédiaire $P_{int}$ en kW
Chaudière gaz ou fioul	$0,3 \cdot P_n$
Générateurs d'air chaud	$0,5 \cdot P_n$
Accumulateur gaz	$0,3 \cdot P_n$
Chaudière bois	$P_{min}$

**Tableau 69 : valeurs par défaut des charges intermédiaires pour le calcul des pertes**

Lorsque le rendement à charge intermédiaire  $R_{Pint}$  n'est pas une caractéristique du produit (accumulateur gaz), on l'obtient à partir du rendement à pleine charge et des pertes à charge nulles par la formule suivante :

$$C_p = Q_{P0} / (Q_{P0} + P_n) \quad (\text{Eq 222})$$

$$R_{Pint} = R_{Pn} / (1 + C_p (1 / 0,3 - 1)) \quad (\text{Eq 223})$$

Les pertes à la charge intermédiaire  $P_{int}$  s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{Pint} = \frac{(100 - R_{Pint})}{R_{Pint}} \cdot P_{int} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 224})$$

*Cas particulier des chaudières au gaz ou au fioul*

Le rendement à 30% est mesuré pour une température de la chaudière donnée dans le Tableau 70, les conditions d'essai étant issues de la directive rendement 92 / 42 CEE article 5.

On considère que le rendement augmente de 1% chaque fois que la température de la chaudière baisse de 5°C pour les chaudières à condensation et de 10°C pour les autres chaudières.

Le rendement  $R_{Pint}$  de la formule 223 est donc remplacé par :

$$R_{Pint} + a \cdot (\theta_{mes} - \theta_{wh,g}) \quad (\%), \quad (\text{Eq 225})$$

où  $a$  et  $\theta_{mes}$  sont donnés dans le Tableau 70.

Type de chaudière	$\theta_{mes}$	a
Standard	50	0,1
Basse température	40	0,1
Condensation	33	0,2

**Tableau 70 : Paramètres pour correction du rendement**

*17.6.3.4.3 Pertes à charge nulle*

On présente successivement :

- la méthode de calcul générale,
- la méthode spécifique pour les chaudières bois.

*17.6.3.4.3.1 Cas général*

Les pertes à l'arrêt mesurées  $Q_{po30}$  sont une donnée d'entrée de la méthode. Ces pertes à l'arrêt sont mesurées pour un écart de température de 30°C.

On corrige ces pertes pour les chaudières au gaz ou au fioul par la formule :

$$Q_{p0} = \frac{Q_{PO30}}{100.Rpn} \cdot \left( \frac{\theta_{wh,g} - \theta_{amb}}{30} \right)^{1,25} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 226})$$

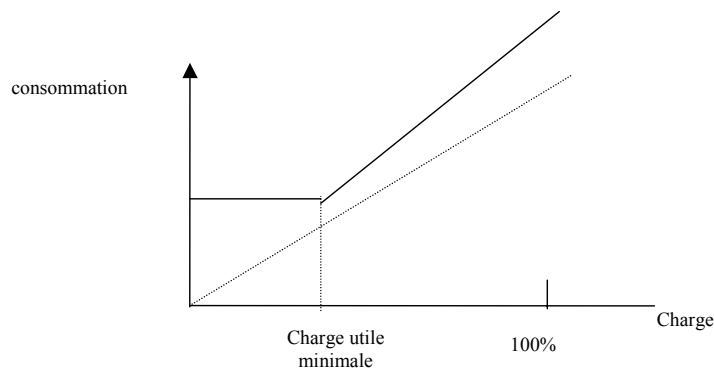
avec :

$$\theta_{amb} = 20 \text{ °C}$$

*17.6.3.4.3.2 Cas particulier des chaudières bois*

Les chaudières bois se caractérisent par l'existence d'une charge utile minimale en dessous de laquelle la chaudière ne peut fonctionner correctement. La charge utile minimale est spécifique à chaque chaudière. Elle indique la puissance en dessous de laquelle un fonctionnement correct de la chaudière (goudronnage) n'est plus assuré.

En dessous de la charge minimale la consommation est supposée constante. Les pertes augmentent donc au fur et à mesure que la charge diminue. Cette augmentation des pertes est liée au fait que la chaleur fournie par la chaudière conduit à surchauffer l'ambiance et non pas seulement à couvrir les besoins de chauffage.



Les pertes à charge nulle ne sont pas fournies par une norme. On obtient leur valeur en tenant compte du fait qu'à charge nulle la consommation est égale à la consommation à la puissance utile minimale. En cours de révision pour être compatible avec les travaux du TC228.

On a donc :

$$Q_{P0} = P_{int} + Q_{Pint} \quad (\text{Eq 227})$$

#### 17.6.3.4.4 Pertes au point de fonctionnement

En ce qui concerne le chauffage,  $P_x$  est la puissance moyenne à fournir par le générateur.

Pour l'ECS, le type de production (instantané, volume de stockage, etc) n'est pas pris en compte. Les besoins et les pertes d'ECS se rajoutent.

Ainsi pour une puissance utile  $P_x$  les pertes  $Q_{Px}$  se calculent avec les équations suivantes :

- Pour les chaudières bois :

Entre puissance utile = 0 et puissance utile = intermédiaire  $P_{int}$  :

$$Q_{Px} = \frac{P_x}{P_{int}} \cdot (Q_{Pint} - Q_{P0}) + Q_{P0} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 228})$$

entre puissance utile =  $P_{int}$  et puissance utile =  $P_n$  :

$$Q_{Px} = \frac{P_x - P_{int}}{P_n - P_{int}} \cdot (Q_{P100} - Q_{Pint}) + Q_{Pint} \quad (\text{kW})$$

- Pour les autres chaudières :

$$Q_{Px} = P_x^2 \cdot \frac{P_{int}(Q_{P100} - Q_{P0}) - P_n(Q_{Pint} - Q_{P0})}{P_n P_{int} (P_n - P_{int})} + P_x \cdot \frac{P_n^2(Q_{Pint} - Q_{P0}) - P_{int}^2(Q_{P100} - Q_{P0})}{P_n P_{int} (P_n - P_{int})} + Q_{P0} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 229})$$

En fonctionnement ECS seul (été pour les systèmes mixtes, toute l'année pour un générateur dédié à l'ECS), on considère que  $Q_{Px}$  est nul en dehors des périodes de demande d'ECS.

### 17.6.3.5 Méthode pour la production intermittente d'eau chaude sanitaire

Ces pertes sont fonction des besoins en ECS, reflétant le nombre de remises en régime. Elles sont calculées selon la formule suivante :

$$Q_{Px} = (Q_w + Q_{g,w} + Q_{d,w}) \left( \frac{100 - R_{Pn} + A}{R_{Pn}} \right) + P_v \quad (\text{Eq 230})$$

avec :

$Q_{d,w}$	pertes de distribution d'ECS	(kWh)
$P_v$	puissance veilleuse	(kW)
$R_{Pn}$	rendement nominal du générateur	(%)
$Q_w$	besoins en ECS	(kWh)
$Q_{g,w}$	pertes de stockage des ballons d'ECS	(kWh)

A est donnée dans le tableau suivant :

Présence veilleuse	A (en %)
Sans veilleuse	28
Avec veilleuse	14

**Tableau 71 : Expression des pertes liées au fonctionnement intermittent**

- Cas de la génération mixte chauffage et ECS pendant la période de chauffe :

Pendant la saison de chauffe, la performance de la génération d'ECS est calculée avec la méthode générale.

### 17.6.3.6 Méthode simplifiée pour les radiateurs gaz et les tubes et panneaux radiants gaz

Les pertes à la charge  $P_x$  s'expriment par la formule suivante :

$$Q_{Px} = f_{maj} \cdot \frac{(100 - R_{Pn})}{R_{Pn}} \cdot P_x \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 231})$$

où :

$f_{maj}$  est un coefficient de majoration qui tient compte du fait que les radiateurs fonctionnent en moyenne à une puissance inférieure à leur puissance nominale. Cette majoration est liée aux pertes par balayage et à la diminution du rendement de combustion.

$f_{maj}$  est donné dans le Tableau 72 en fonction de la présence ou non d'un ventilateur de combustion et du mode d'évacuation des fumées pour les radiateurs.

Radiateur gaz		
Ventilateur côté combustion	Évacuation des fumées	$f_{maj}$
Oui	Tout type	1,02
Non	Par micro ventouse	1,04
Non	Par une cheminée	1,06

**Tableau 72 : Coefficient de majoration des pertes pour les radiateurs gaz**



<b>Tubes et panneaux radiants</b>	$f_{maj}$
Panneaux radiants	1,00
Tubes radiants	1,06

**Tableau 73 : Coefficient de majoration des pertes pour les générateurs radiants.**

### 17.6.3.7 Consommation des auxiliaires de génération

Ne sont considérés comme auxiliaires de génération que les auxiliaires nécessaires à la génération (exemple : ventilateur de combustion, pompes fioul, ventilateur d'extraction, etc). Les pompes de circulation, même si elles servent aussi à maintenir un débit nominal dans le générateur, sont prises en compte dans le calcul des pertes de distribution.

La consommation est considérée proportionnelle à la puissance utile  $P_x$ .

$$Q_{cir.g} = (P_x/P_n) P_{cir.g} / 1000 \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 232})$$

Des valeurs par défaut de puissances sont données § 17.6.3.2.

### 17.6.3.8 Calcul des pertes récupérables

#### 17.6.3.8.1 Auxiliaires de génération

La part récupérable des consommations des auxiliaires de génération,  $Q_{cir.g.rec}$ , est fonction de l'emplacement des générateurs.

Pour les générateurs situés en volume non chauffé, la part récupérable est nulle.

Pour les générateurs situés en volume chauffé, la part récupérable est calculée par :

$$Q_{cir.g.rec} = R_{recgen} \cdot Q_{cir.g} \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 233})$$

Avec  $R_{recgen} = 0,6$

#### 17.6.3.8.2 Pertes des générateurs

Seules les pertes par les parois des générateurs sont considérées comme récupérables.

Pour les générateurs à combustible liquide ou gazeux, les pertes par les parois sont une part des pertes à l'arrêt ( $p_{Qp.g}$ ). Cette part dépend du type de brûleur.

	$p_{Qp.g}$
Absence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	0,50
Présence de ventilateur ou autre dispositif de circulation d'air ou de produit de combustion dans le circuit de combustion	0,75

**Tableau 74 : pertes par les parois selon le type de brûleur**

Les pertes récupérables par les parois valent donc :

$$Q_{\text{par}} = Q_{\text{P0}} \cdot p_{\text{Qp.g}} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 234})$$

En fonctionnement ECS seul (été pour les systèmes mixtes, toute l'année pour un générateur dédié à l'ECS), on considère que  $Q_{\text{par}}$  est nul en dehors des périodes de demande d'ECS.

Pour les générateurs à bois, les pertes par les parois sont prises égales conventionnellement à 3% de la puissance nominale.

$$Q_{\text{par}} = P_n \cdot 0,03 \quad (\text{kW}) \quad (\text{Eq 235})$$

Les pertes récupérables des radiateurs gaz et des tubes et panneaux radiants sont nulles.

Les pertes récupérables si les générateurs sont en volume chauffé sont calculées par :

$$Q_{\text{par\_rec}} = R_{\text{recgen}} \cdot Q_{\text{par}} \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 236})$$

#### 17.6.3.8.3 Total des pertes récupérables de la génération

Le total des pertes récupérables de la génération est la somme de la part récupérable des auxiliaires et des pertes par les parois :

$$Q_{\text{g\_rec}} = Q_{\text{cir.g\_rec}} + Q_{\text{par\_rec}} \quad (\text{kWh}) \quad (\text{Eq 237})$$

Elles sont injectées au pas de temps suivant.

### 17.6.4 GENERATION THERMODYNAMIQUE

L'objet de cette partie est la prise en compte des systèmes de génération thermodynamiques de chaleur et de froid par les machines à compression et par les machines à absorption. Les machines à absorption en mode chauffage non thermodynamique sont traitées au §17.6.3.

#### 17.6.4.1 En mode chaud

Le principe est le suivant :

- les besoins de chaleur du bâtiment sont calculés au pas de temps horaire, la consommation énergétique en énergie finale du système de génération thermodynamique de chaleur est alors calculée à partir d'un coefficient de performance énergétique corrigé, des consommations des auxiliaires et des consommations d'attente :

$$C_{CH} = \text{Besoins}_{CHAUD} / \text{COP}_{\text{corrigé}}$$

$$C_{\text{aux\_CH}} = \text{Besoins}_{CHAUD} / \text{COP}_{\text{aux}}$$

$$C_{\text{aux\_gene\_CH}} = P_{\text{aux\_gene\_CH}} * C_{\text{marche\_CH}}$$

$$C_{\text{att\_CH}} = P_{\text{résiduelle\_CH}} * C_{\text{attente\_CH}}$$

Avec :

- $C_{CH}$  : consommation horaire de la génération de chaleur en énergie finale [kWh]
- $C_{\text{AUX\_CH}}$  : consommation horaire des auxiliaires du côté extérieur du générateur de chaleur en énergie finale [kWh],
- $C_{\text{aux\_gene\_CH}}$  : consommation horaire des auxiliaires de génération de chaleur non comptés dans le  $\text{COP}_{\text{nom}}$  en énergie finale [kWh],
- $C_{\text{Att\_CH}}$  : consommation horaire d'attente du générateur de chaleur en énergie finale [kWh],
- $\text{Besoins}_{CHAUD}$  : besoins horaires de chaleur aux bornes du générateur [kWh],
- $\text{COP}_{\text{corrigé}}$  : performance énergétique corrigée de la génération de chaleur [-],
- $\text{COP}_{\text{aux}}$  : effet des auxiliaires de production de chaleur du côté extérieur, pompes de captage par exemple, sur l'efficacité nominale,
- $P_{\text{aux\_gene\_CH}}$  : puissance électrique des auxiliaires internes de la machine non comptés dans le  $\text{COP}_{\text{nom}}$  [kW],
- $P_{\text{résiduelle\_CH}}$  : puissance électrique résiduelle de la génération de chaleur en attente [kW],
- $C_{\text{marche\_CH}}$  : est égal à 1 si les  $\text{Besoins}_{CHAUD} > 0$  et si fonctionnement en mode chauffage, Est égal à 0 sinon,
- $C_{\text{attente\_CH}}$  : est égal à 1 si les  $\text{Besoins}_{CHAUD} = 0$  et si fonctionnement en mode chauffage, Est égal à 0 sinon.

La génération est en attente lorsqu'elle est en mode chauffage et sous tension sans produire de chaleur.

- La performance énergétique corrigée est déterminée en tenant compte :
  - des caractéristiques du générateur à pleine charge aux conditions nominales,
  - de l'impact du fonctionnement à pleine charge aux conditions non nominales,
  - de l'impact des charges partielles,
  - de l'impact de la typologie des systèmes.

Ainsi :

$$\text{COP}_{\text{corrigé}} = \text{COP}_{\text{nom}} * \text{C}_{\text{COP}}$$

Avec :

$\text{COP}_{\text{nom}}$  : performance énergétique aux conditions de fonctionnement nominales à pleine charge, comprenant éventuellement la puissance des pompes et des ventilateurs nécessaire à vaincre la perte de charge des échangeurs, en fonction des modalités d'essais utilisées, voir NF EN 14511.

$\text{C}_{\text{COP}}$  : coefficient de correction conventionnel.

Le coefficient  $\text{COP}_{\text{nom}}$  prend une des valeurs suivantes :

- valeur déclarée par le fabricant  $\text{COP}_{\text{nomdec}}$   $\text{COP}_{\text{nom}} = 0,9 \text{ COP}_{\text{nomdec}}$
- valeur certifiée  $\text{COP}_{\text{nom}}$  certifié peut être utilisé.

#### 17.6.4.2 En mode froid

Le principe est le suivant :

- les besoins de froid du bâtiment sont calculés au pas de temps horaire, la consommation énergétique en énergie finale du système de génération de froid est alors calculée à partir d'une efficacité énergétique corrigée, des consommations des auxiliaires et des consommations d'attente :

$$\text{C}_{\text{FR}} = \text{Besoins}_{\text{FROID}} / \text{EER}_{\text{corrigé}}$$

$$\text{C}_{\text{aux\_FR}} = \text{Besoins}_{\text{FROID}} / \text{EER}_{\text{aux}}$$

$$\text{C}_{\text{aux\_gene\_FR}} = \text{P}_{\text{aux\_gene\_FR}} * \text{C}_{\text{marche\_FR}}$$

$$\text{C}_{\text{att\_FR}} = \text{P}_{\text{résiduelle\_FR}} * \text{C}_{\text{attente\_FR}}$$

Avec :

$\text{C}_{\text{FR}}$  : consommation horaire du générateur de froid en énergie finale [kWh],

$\text{C}_{\text{AUX\_FR}}$  : consommation horaire des auxiliaires du coté extérieur du générateur de froid en énergie finale [kWh],

$\text{C}_{\text{aux\_gene\_FR}}$  : consommation horaire des auxiliaires internes de la machine non comptés dans le  $\text{EER}_{\text{nom}}$  en énergie finale [kWh],

$\text{C}_{\text{Att\_FR}}$  : consommation horaire d'attente du générateur de froid en énergie finale [kWh],

$\text{Besoins}_{\text{FROID}}$  : besoins horaires de froid aux bornes du générateur [kWh],

$\text{EER}_{\text{corrigé}}$  : efficacité énergétique corrigée de la génération de froid [-],

$\text{EER}_{\text{aux}}$  : effet des auxiliaires de production, tour de refroidissement par exemple, sur l'efficacité nominale,

$\text{P}_{\text{aux\_gene\_FR}}$  : puissance électrique des auxiliaires internes de la machine non comptés dans le  $\text{EER}_{\text{nom}}$  [kW],

$\text{P}_{\text{résiduelle\_FR}}$  : puissance électrique résiduelle de la génération de froid en attente [kW],

$\text{C}_{\text{marche\_FR}}$  : est égal à 1 si les  $\text{Besoins}_{\text{FROID}} > 0$  et si fonctionnement en mode froid,  
Est égal à 0 sinon,

$\text{C}_{\text{attente\_FR}}$  : est égal à 1 si le  $\text{Besoins}_{\text{FROID}} = 0$  et si fonctionnement en mode froid,  
Est égal à 0 sinon,

La génération est en attente lorsqu'elle est en mode froid et sous tension sans produire de froid.

- l'efficacité énergétique corrigée est déterminée en tenant compte :
  - des caractéristiques du générateur à pleine charge aux conditions nominales,
  - de l'impact du fonctionnement à pleine charge aux conditions non nominales,
  - de l'impact des charges partielles,
  - de l'impact de la typologie des systèmes.

Ainsi :

$$EER_{\text{corrigé}} = EER_{\text{nom}} * C_{EER}$$

Avec :

$EER_{\text{nom}}$  : efficacité énergétique aux conditions de fonctionnement nominales à pleine charge, comprenant éventuellement la puissance des pompes et des ventilateurs nécessaire à vaincre la perte de charge des échangeurs, en fonction des modalités d'essais utilisées, voir NF EN 14511.

$C_{EER}$  : coefficient de correction conventionnel.

Le coefficient  $EER_{\text{nom}}$  prend une des valeurs suivantes :

- valeur déclarée par le fabricant  $EER_{\text{nomdec}}$   $EER_{\text{nom}} = 0,9 EER_{\text{nomdec}}$
- valeur certifiée  $EER_{\text{nom}}$  certifié peut être utilisé.

#### **17.6.4.3 Coefficient de correction conventionnels $C_{EER}$ et $C_{COP}$**

Les coefficients de correction conventionnels sont le produit de 3 termes :

- l'effet du type de régulation combiné à l'inertie de l'émission sur la performance,  $C_{\text{regul}}$ ,
- l'effet d'une loi d'eau,  $C_{\text{loi\_eau}}$ ,
- l'effet de la température de l'air extérieur ou de l'eau coté extérieur sur la performance,  $C_{\text{air\_ext\_eau}}$ .

$$C_{EER} = C_{\text{regul\_FR}} * C_{\text{loi\_eau\_FR}} * C_{\text{air\_ext\_eau\_FR}}$$

$$C_{COP} = C_{\text{regul\_CH}} * C_{\text{loi\_eau\_CH}} * C_{\text{air\_ext\_eau\_CH}}$$

- Effet du type de régulation

Le comportement d'un système de génération pour ce qui est de sa régulation dépend de l'inertie de l'émission associée, ainsi :

- trois types de régulation de la génération sont définis :
  - régulation tout ou rien,
  - régulation progressive de 70% à 100% de charge,
  - régulation progressive de 40% à 100% de charge,
- deux types d'émetteurs sont définis au plan de leur inertie :
  - les planchers à eau,
  - les autres systèmes d'émission.

On distingue donc 6 cas :

	Coefficient de correction pour la régulation Cregul <sub>FR</sub> et Cregul <sub>CH</sub>	
Type de régulation	Planchers	Autres émetteurs
Tout ou rien (valeur par défaut)	0,95	0,85
Prog 70 – 100 %	1,05	0,95
Prog 40 – 100 %	1,05	1,05

- Effet d'une loi d'eau

Une loi d'eau a pour effet d'augmenter la performance des systèmes :

	Coefficient de correction pour une loi d'eau Cair <sub>ext_eau_FR</sub> et Cair <sub>ext_eau_CH</sub>
Loi d'eau	1,05
Pas de loi d'eau (valeur par défaut)	1

- Effet de la température de l'air extérieur ou de l'eau

Les coefficients correspondant à cet effet sont donnés colonne [impact air ext, eau ext] des tableaux suivants.

### ***Machines à compression***

Pour les machines à compression et pour les différents impacts proposés, la nature du moteur, à gaz ou électrique, important peu, les coefficients du Tableau 75 sont généralisés aux machines à compression quelle que soit l'énergie consommée.

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
froid	air extérieur	air recyclé	1.1	non
	air rejeté	air recyclé	1	non
	air rejeté	air extérieur	0.9	non
chaud	air extérieur	air recyclé	COPsais/Copnom	non
	air rejeté	air recyclé	1	non
	air rejeté	air extérieur	1.1	non

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
froid	air extérieur	eau VCV	1.1	oui
chaud	air extérieur	eau VCV	COPsais/Copnom	oui
	air rejeté	eau VCV	1	oui
froid	air extérieur	eau plancher	1.1	non
chaud	air extérieur	eau plancher	COPsais/Copnom	oui
	air rejeté	eau plancher	1	oui

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
froid	eau	air recyclé	1	non
	boucle d'eau	air recyclé	1.05	non
chaud	eau	air recyclé	1	non
	boucle d'eau	air recyclé	1.05	non

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
froid	eau	eau VCV	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau VCV	1	oui
chaud	eau	eau VCV	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau VCV	1.1	oui
froid	eau	eau plancher	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau plancher	1	oui
chaud	eau	eau plancher	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau plancher	1.1	oui

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
chaud	sol	eau VCV	1.1	oui
	sol	eau plancher	1.1	oui
chaud	sol	sol	1.1	non
froid	sol	air recyclé	1.1	non

Tableau 75 : coefficients de correction conventionnels pour les machines à compression

**Machines à absorption**

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
froid	air extérieur	eau VCV	1.1	oui
chaud	air extérieur	eau VCV	COPsais/Copnom	oui
froid	air extérieur	eau plancher	1.1	non
chaud	air extérieur	eau plancher	COPsais/Copnom	oui

Mode	Coté extérieur	Coté intérieur	Impact air ext, eau	Possibilité de loi d'eau
froid	eau	eau VCV	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau VCV	1	oui
chaud	eau	eau VCV	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau VCV	1.1	oui
froid	eau	eau plancher	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau plancher	1	oui
chaud	eau	eau plancher	1	oui
	eau glycolée (capteurs enterrés)	eau plancher	1.1	oui

**Tableau 76 : coefficients de correction conventionnels pour les machines à absorption**

Nota : dans le Tableau 75 et le Tableau 76, le terme "eau" signifie eau de tour et eau de nappe.

En l'absence d'information sur la nature du système mis en œuvre, les valeurs par défaut pour le calcul des coefficients de correction sont les suivants.

	$C_{COP}$	$C_{EER}$
Machines à compression	$C_{regul\_CH} = 0,85$ $C_{loi\_eau\_CH} = 1$ $C_{air\_ext\_eau\_CH} = 1$	$C_{regul\_FR} = 0,85$ $C_{loi\_eau\_FR} = 1$ $C_{air\_ext\_eau\_FR} = 0,9$
Machines à absorption gaz	$C_{regul\_CH} = 0,85$ $C_{loi\_eau\_CH} = 1$ $C_{air\_ext\_eau\_CH} = 1$	$C_{regul\_FR} = 0,85$ $C_{loi\_eau\_FR} = 1$ $C_{air\_ext\_eau\_FR} = 1$

**Tableau 77 : valeurs par défaut des coefficients de correction**



**17.6.4.4 Détermination des COP saisonniers,  $COP_{\theta_e}$ , des machines sur air extérieur**

Le  $COP_{\theta_e}$  est calculé comme suit :

$$COP_{+3} = 0,96 \cdot \left[ \frac{(COP_{+7} - COP_{-7,deg\,iv})}{14} \cdot (3 - 7) + COP_{+7} \right]$$

Au-delà de 7°C :

$$COP_{\theta_e} = \frac{(COP_{+7} - COP_{-7,ss\,deg\,iv})}{14} \cdot (\theta_e - 7) + COP_{+7}$$

de 3°C à 7°C :

$$COP_{\theta_e} = \frac{(COP_{+7} - COP_3)}{4} \cdot (\theta_e - 7) + COP_{+7}$$

en dessous de 3°C :

$$COP_{\theta_e} = \frac{(COP_{+3} - COP_{-7,deg\,iv})}{10} \cdot (\theta_e + 7) + COP_{-7,deg\,iv}$$

Pour ces systèmes, les caractéristiques à 7 °C, - 7 °C et aux autres conditions sont déterminées en partant des conditions d'essai décrites dans la norme EN 14511 ou dans des conditions d'essai identiques si les matériels ne relèvent pas de cette norme.

Les valeurs obtenues à - 7 °C prennent en compte le dégivrage. Les valeurs sans dégivrage s'obtiennent par les formules suivantes :

$$COP_{-7,ss\,deg\,iv} = COP_{-7,deg\,iv} \cdot 0,93$$

Si les performances à -7 °C sont inconnues, on peut appliquer les valeurs par défaut suivantes :

$$COP_{-7,ss\,deg\,iv} = 0,80 \cdot COP_{+7}$$

$$COP_{-7,deg\,iv} = 0,93 \cdot COP_{-7,ss\,deg\,iv}$$

### 17.6.4.5 Effet des auxiliaires

#### 17.6.4.5.1 Présentation

Selon la nature des machines thermodynamiques, les normes de détermination des performances intègrent tout ou partie seulement des auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement des machines, voire aucun pour les matériels gaz.

Ces auxiliaires sont :

- le système de contrôle commande,
- les pompes de tout type (eau, frigorigène, solution),
- les ventilateurs,
- ceux du brûleur le cas échéant.

Dans les systèmes refroidis par eau il faut également intégrer les systèmes de refroidissement.

##### 17.6.4.5.1.1 Machines à compression électrique

La puissance des systèmes de contrôle commande est prise en compte lors de la mesure des performances. Pour les pompes et les ventilateurs :

- Machines air / air
  - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
  - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.
- Machines air / eau
  - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
  - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées.
  - comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.
- Machines sol / eau
  - comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur, la pompe étant généralement intégrée. Si ce n'est pas le cas, il convient d'en tenir compte dans les calculs.
- Machine sol / sol
  - Pas d'auxiliaires pris en compte.
- Machines sol / air
  - comprennent la puissance des ventilateurs, ces machines étant généralement non gainées. Si elles le sont, il convient d'en tenir compte dans les calculs.
- Machines eau / air
  - comprennent la puissance des ventilateurs des machines non gainées,
  - comprennent seulement la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des échangeurs des machines gainées,
  - comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.

En cas de condenseur séparé, la puissance électrique afférente n'est pas comptée, il convient donc d'en tenir compte dans les calculs.

- Machines eau / eau

comprennent seulement la part de la puissance des pompes pour vaincre les pertes de charge de l'échangeur que les pompes soient intégrées ou non à l'appareil.

En cas de condenseur séparé, la puissance électrique afférente n'est pas comptée, il convient donc d'en tenir compte dans les calculs.

#### 17.6.4.5.1.2 Machines à gaz

La mesure des performances concerne l'utilisation du gaz seulement.

- Les auxiliaires non affectés au déplacement des mediums en contact externe avec l'évaporateur, le condenseur et l'absorbeur.

Ces auxiliaires sont notamment le système de contrôle commande, et le cas échéant le brûleur, les pompes de solution, les pompes de réfrigérant.

La consommation de ces dispositifs doit être comptée intégralement.

- Les pompes et les ventilateurs

Aucune puissance n'est intégrée à la détermination des performances des machines. Il convient d'en tenir compte dans les calculs.

#### **Remarque :**

Afin d'harmoniser la prise en compte des auxiliaires, la puissance des auxiliaires nécessaire à vaincre les pertes de charge des échangeurs et celle des ventilateurs intégrés des machines non gainées qui ne seraient pas prise en compte dans la détermination des performances devraient être divisées par les coefficient  $C_{COP}$  ou  $C_{EER}$  selon le mode.

### 17.6.4.5.2 Méthode de caractérisation

#### 17.6.4.5.2.1 Coté machine

Les auxiliaires non affectés au déplacement des médiums en contact externe avec l'évaporateur, le condenseur et l'absorbeur, notamment le système de contrôle commande, et le cas échéant le brûleur, les pompes de solution, les pompes de réfrigérant, non pris en compte dans les performances doivent être comptés intégralement.

Ces auxiliaires sont pris en compte par  $C_{aux\_gene\_FR}$  et  $C_{aux\_gene\_CH}$ .

#### 17.6.4.5.2.2 Coté utilisation

Deux cas se présentent :

- la détermination des  $COP_{nom}$  et des  $EER_{nom}$  intègre la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires du coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la part nécessaire à la circulation du fluide dans le réseau de distribution.

- la détermination des  $COP_{nom}$  et des  $EER_{nom}$  n'intègre pas la puissance des auxiliaires pour vaincre les pertes de charge des échangeurs. La puissance des auxiliaires coté utilisation à prendre en compte dans le réseau de distribution aéraulique ou hydraulique est la puissance totale nécessaire à la fois à la circulation du fluide dans le réseau de distribution et à vaincre les pertes de charge des échangeurs.

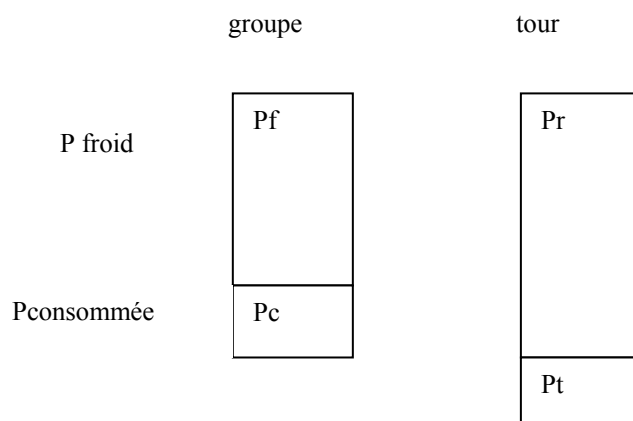
#### 17.6.4.5.2.3 Coté extérieur

Les auxiliaires coté extérieur ne concernent que les machines eau / eau et les machines eau / air. Ils peuvent être constitués soit d'une tour de refroidissement et d'un réseau de refroidissement, soit d'un système par eau de captage.

La consommation de ce réseau est prise en compte dans les calculs grâce à une efficacité additionnelle,  $COP_{aux}$  ou  $EER_{aux}$ .

- Cas des systèmes de refroidissement par eau avec tours de refroidissement

Les tours (ventilateurs, pompes de recirculation, régulation) et les pompes du réseau d'eau de refroidissement peuvent être représentées de la façon suivante au plan énergétique :



Avec :  $Pr = Pf + Pc \cdot \eta$

Où  $\eta$  est la part de l'énergie consommée qui doit être évacuée par la tour : égal à 1 pour les machines à compression électrique, à 0,9 pour les machines à absorption gaz et 0,8 pour les machines à compression gaz.

$Pt = Pp + P_{tour}$

$P_p$  : puissance électrique des pompes du réseau de refroidissement permettant également de vaincre les pertes de charge de l'échangeur de l'appareil,

$P_{tour}$  : puissance électrique des différents éléments de la tour.

Il s'agit de prendre en compte ces systèmes sous forme d'une efficacité  $EER_{aux}$  :

$$EER_{aux} = P_f / P_t$$

La consommation est alors égale à :

$$C_{aux\_FR} = \Sigma \text{Besoins}_{FROID} / EER_{aux}$$

En admettant que la puissance électrique du système de refroidissement soit liée à la puissance à évacuer, on pose :

$$P_t = \alpha P_r$$

$$P_t = \alpha (P_f + P_c \cdot \eta)$$

L'efficacité devient alors :

$$EER_{aux} = P_f / (\alpha (P_f + P_c \cdot \eta))$$

$$EER_{aux} = EER_{corrigé} / (\alpha (EER_{corrigé} + \eta))$$

Le coefficient  $\alpha$  prend la valeur suivante :

part des ventilateurs de la tour : 0,04

part des pompes de recirculation : 0,04

valeur totale :  $\alpha = 0,08$

- Cas des systèmes de refroidissement par eau de captage

De la même façon que les systèmes de refroidissement avec tour, l'effet des pompes de captage peut être pris sous forme d'une efficacité additionnelle qui s'applique tant en mode chaud qu'en mode froid avec  $\alpha = 0,08$ .

En mode froid

$$EER_{aux} = EER_{corrigé} / (\alpha (EER_{corrigé} + \eta))$$

En mode chaud

$$COP_{aux} = COP_{corrigé} / (\alpha (COP_{corrigé} - \eta))$$

#### **17.6.4.6 Puissance résiduelle, Présiduelle**

Les calculs des  $C_{EER}$  et des  $C_{COP}$  sont conduits sur les périodes pendant lesquelles il y a une demande de froid ou de chaud. En dehors de ces périodes dans la saison (chauffage, refroidissement), les machines peuvent être sous tension sans fournir conduisant à une consommation supplémentaire d'énergie dont il faut tenir compte.

Conventionnellement, la puissance résiduelle des générateurs thermodynamiques est égale à 1% de la puissance électrique des machines. La consommation résiduelle est comptée chaque heure où il n'y a pas de demande.

### 17.6.5 RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR

Dans le cas où le bâtiment est relié à un réseau de chaleur il n'y a pas à proprement parler de pertes de génération. Il y a en revanche des pertes liées à l'échangeur du réseau de chaleur.

#### 17.6.5.1 Caractérisation des produits

On caractérise les sous-stations d'échange en fonction du niveau d'isolation de leurs composants. Ce niveau est décrit selon la norme prEN ISO 12241 qui définit des classes d'isolation. On considère dans tous les cas que le réseau primaire est isolé avec une isolation supérieure d'une classe à celle du réseau secondaire.

On considère que tous les composants de la sous-station sont isolés à l'exception des organes de régulation.

#### 17.6.5.2 Calcul des pertes

Les pertes liées à la station d'échange sont calculées par la formule suivante :

$$Q_{ss} = H_{ss} \cdot (\theta_{ss} - \theta_{amb}) \quad (\text{Eq 238})$$

où :

$H_{ss}$  est le coefficient d'échange de la sous station,

$\theta_{ss}$  est la température moyenne de l'échangeur,

$\theta_{amb}$  est la température du local où est situé l'échangeur calculé comme pour une génération (voir §17.3).

$$H_{ss} = B_{ss} \cdot (P_{Ess}/1000)^{(1/3)} \quad (\text{Eq 239})$$

où :

$B_{ss}$  est un coefficient qui dépend du type de réseau et de l'isolation des composants.  $B_{ss}$  est donné au Tableau 79,

$P_{Ess}$  est la puissance d'échange de la chaufferie dans les conditions nominales, en kW.

$$\theta_{ss} = D_{ss} \cdot \theta_{prs} + (1 - D_{ss}) \theta_{wh,ss} \quad (\text{Eq 240})$$

où :

$D_{ss}$  est un coefficient qui dépend du type de réseau.  $D_{ss}$  est donné au Tableau 78,

$\theta_{prs}$  est la température au primaire de l'échangeur qui est donnée au Tableau 78,

$\theta_{wh,ss}$  est la température de l'eau au secondaire de l'échangeur qui est calculée comme si on avait un générateur (§ 17.3).

Type de réseau	Température primaire $\theta_{prs}$ °C	$D_{ss}$
Eau chaude basse température	105	0,6
Eau chaude haute température	150	0,4
Vapeur basse pression	110	0,5
Vapeur haute pression	180	0,4

Tableau 78 : Température primaire et coefficient  $D_{ss}$  en fonction du type d'échangeur

		<b>Classe d'isolation des composants de la sous station selon le EN ISO 12828</b>			
Isolation réseau secondaire		4	3	2	1
Isolation réseau primaire		5	4	3	2
Type réseau	Eau chaude basse température	3,5	4,0	4,4	4,9
	Eau chaude haute température	3,1	3,5	3,9	4,3
	Vapeur basse pression	2,8	3,2	3,5	3,9
	Vapeur haute pression	2,6	3,0	3,3	3,7

**Tableau 79 : Coefficient  $B_{ss}$  en fonction du type d'isolation et de la catégorie d'isolation**

### **17.6.5.3 Consommation des auxiliaires**

Les consommations sont prises conventionnellement nulles.

### **17.6.6 RACCORDEMENT A UN RESEAU DE FROID**

Les pertes liées à la station d'échange sont négligées.

Les consommations des auxiliaires sont prises conventionnellement nulles.

## **17.7 REPARTITION DES CONSOMMATIONS PAR USAGES**

Dans le cas d'un générateur assurant le chauffage et l'ECS, la consommation du générateur est séparée conventionnellement comme suit :

- 1) S'il y a demande simultanée à l'entrée du générateur, les consommations sont réparties au prorata des puissances appelées pour le chauffage et pour l'ECS.
- 2) Quand il n'y pas de demande à l'entrée du générateur, les consommations sont affectées au chauffage.
- 3) En cas de demande de chauffage seul ou d'ECS seul à l'entrée du générateur, on affecte la consommation selon la demande.

Pour tous les cas (chauffage, refroidissement, ECS), en cas de non demande et pour une génération desservant plusieurs bâtiments, la répartition est effectuée au prorata de la surface utile des bâtiments.

## 18. INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES

Cette partie permet de calculer chaque heure :

- Les apports de l'installation solaire pour les besoins de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire.
- La consommation d'énergie des auxiliaires du système solaire.

On considère que les installations solaires sont en fonctionnement pendant toute l'année. Les apports sont considérés comme «gratuits» et sont soustraits aux besoins totaux du/des bâtiment(s). On utilise pour ce calcul des données provenant d'autres parties :

- Besoins de chaleur et d'ECS du/des bâtiments,  
et des données spécifiques fournies par l'utilisateur :
- Caractéristiques des composants de l'installation solaire (capteur, ballon de stockage, chauffe-eau),
- Caractéristiques de l'installation.

Le calcul de la référence se fera avec une installation ayant une surface de capteur nulle, c'est à dire, sans installation solaire. L'appoint, associé à l'installation solaire, servira à déterminer le type d'énergie du système de référence.

### 18.1 CHAMP D'APPLICATION

On traite ici de plusieurs systèmes de production d'eau chaude et de chauffage solaires :

- chauffe-eau solaire, préfabriqué en usine et répondant aux exigences de la norme EN 12976,
- installation de production d'eau chaude solaire individuelle ou collective associant des capteurs solaires à un ballon de stockage de courte durée (un jour ou deux),
- installation de chauffage et de production d'eau chaude solaire associant des capteurs solaires à un stockage à eau de courte durée – les ballons de stockages pour le chauffage et l'eau chaude pouvant être séparés,
- installation de chauffage et d'eau chaude solaire associant des capteurs solaires à des planchers chauffants ayant aussi une fonction de stockage pour le chauffage et à un ballon de stockage de courte durée pour l'eau chaude sanitaire dans un logement individuel.

La méthode présentée ici ne s'applique pas :

- aux chauffe-eau solaires monoblocs extérieurs, notamment aux capteurs autostockeurs,
- aux systèmes de chauffage et de production d'eau chaude combinés autres que ceux mentionnés plus haut,
- aux installations de capteurs solaires à air,
- aux installations de pompes à chaleur couplées à des capteurs atmosphériques.

Pour les deux premières catégories, des extensions de la méthode sont cependant prévues dans le futur.



## **18.2 STRUCTURE DE CALCUL**

Les calculs passent par les étapes suivantes :

Calcul de la couverture solaire pour le chauffage et/ou l'ECS,

Calcul des pertes de transmission de l'installation solaire (entre stockage et appoint),

Calcul des pertes de stockage de l'appoint,

Calcul des pertes potentiellement récupérables de l'appoint,

Calcul des consommations des auxiliaires du système solaire.

**18.3 DEFINITIONS**

Le tableau suivant indique pour les variables principales utilisées, le symbole, la définition et l'unité.

A	superficie de capteurs solaires	m <sup>2</sup>
A <sub>p</sub>	superficie de plancher solaire	m <sup>2</sup>
a <sub>1</sub>	coefficient de pertes du premier ordre d'un capteur solaire	W/(m <sup>2</sup> .K)
a <sub>2</sub>	coefficient de pertes du deuxième ordre d'un capteur solaire	W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup>
A <sub>C</sub> *	superficie de captage équivalente d'un chauffe-eau solaire	m <sup>2</sup>
c <sub>OS</sub>	coefficient correctif de stockage	-
C <sub>S</sub>	capacité de stockage d'un chauffe-eau solaire	MJ/K
c <sub>W</sub>	coefficient correctif d'irrigation du stockage	-
D <sub>ens</sub>	durée d'ensoleillement mensuelle	heures
F	taux de couverture solaire pour le chauffage ou l'eau chaude sanitaire	-
f <sub>aux</sub>	fraction effective concernée par l'appoint	-
I <sub>SC</sub>	ensoleillement sur le plan des capteurs en moyenne mensuelle	W/m <sup>2</sup>
Q	besoins de chauffage ou d'eau chaude sanitaire	Wh
t <sub>mois</sub>	durée du mois	heures
UA	coefficient de pertes d'un ballon de stockage	W/K
U <sub>C</sub>	coefficient de pertes de captage rapporté à la superficie de capteurs	W/(m <sup>2</sup> .K)
U <sub>C</sub> *	coefficient de pertes de captage rapporté à la superficie équivalente de captage	W/(m <sup>2</sup> .K)
UL	coefficient de pertes des tuyauteries de la boucle primaire	W/K
U <sub>S</sub>	coefficient de pertes de stockage d'un chauffe-eau solaire	W/K
V <sub>n</sub>	volume de stockage nominal	litres
V <sub>S</sub>	volume de stockage solaire	litres
ΔT	écart de température conventionnel	K
η <sub>0</sub>	rendement optique d'un capteur solaire	-
η <sub>p</sub>	efficacité de la boucle de captage	-

**Tableau 80 :**

## 18.4 CARACTERISATION DES PRODUITS

### 18.4.1 CAPTEURS SOLAIRES

- La caractéristique est la surface  $A$  ( $m^2$ ), le rendement optique  $\eta_0$ , les coefficients de pertes  $a_1$  ( $W/(m^2.K)$ ) et  $a_2$  ( $W/m^2.K^2$ ) selon la norme NF EN 12975-2.

$A$  est la surface d'entrée ou la surface hors tout, en cohérence avec les autres paramètres.

Dans ce qui suit on négligera le coefficient de pertes du second ordre  $a_2$  et on n'utilisera que les valeurs  $\eta_0$  et  $a_1$ . Si l'on ne connaît que  $B$  et  $K$  on assimilera  $\eta_0$  à  $B$  et  $a_1$  à  $K$ .

Si on ne connaît pas les caractéristiques thermiques du capteur, on adopte les valeurs par défaut pénalisantes suivantes :

- $\eta_0 = 0,6$ ,
- $a_1 = 10 W/(m^2.K)$  (capteur vitré)  
 $a_1 = 30 W/(m^2.K)$  (capteur non vitré),

ces valeurs étant rapportées à la surface hors tout.

### 18.4.2 CHAUFFE-EAU SOLAIRES

On traite dans ce paragraphe des chauffe-eau solaires préfabriqués en usine et caractérisés dans leur ensemble (EN 12976, Avis technique). A défaut de cette caractérisation on peut définir un chauffe-eau solaire par ses composants, capteur, ballon et tuyauteries de la boucle primaire.

Les caractéristiques dimensionnelles du chauffe-eau solaire sont la surface de capteurs  $A$  ( $m^2$ ) et le volume de stockage nominal  $V_n$  (litres).

Les caractéristiques thermiques sont :

- la surface de captage équivalente  $AB\eta_p$ , la masse en eau  $M$  (kg), le coefficient de pertes de captage  $K/B$  ( $W/(m^2.K)$ ) et le coefficient de pertes de stockage  $D_n$  ( $W/K$ ) selon les résultats d'essais pris en compte dans l'Avis technique,
- ou la surface de captage équivalente  $A_c^*$  ( $m^2$ ), la capacité de stockage  $CS$  ( $MJ/K$ ), le coefficient de pertes de captage  $U_c^*$  ( $W/(m^2.K)$ ) et le coefficient de pertes de stockage  $U_s$  ( $W/K$ ), plus la fraction effective concernée par l'appoint faux, déterminés selon les spécifications de la norme NF EN 12976-2.

On utilise les notations de la norme NF EN 12976-2. La correspondance entre les deux jeux de caractéristiques est donnée par les relations suivantes :

$$A_c^* = AB\eta_p ; C_s = M.c_p \text{ (avec } c_p = 0,00418 \text{ MJ/kg.K)} ; U_c^* = K/B ; U_s = D_n$$

Si on ne connaît pas les caractéristiques thermiques du chauffe-eau, mais seulement la surface de capteurs  $A$  ( $m^2$ ) et le volume de stockage nominal  $V_n$  (litres), on adopte les valeurs forfaitaires pénalisantes suivantes :

$$A_c^* = 0,4 A \quad [m^2]$$

$$U_c^* = 17 + 8/A \quad [W/(m^2.K)]$$

### 18.4.3 BALLONS DE STOCKAGE

Le ballon de stockage est caractérisé par son volume nominal  $V_n$  (litres) et son coefficient de pertes UA (W/K) déterminé selon la norme EN 12977-3 ou donné dans un Avis technique concernant un chauffe-eau qui comporterait ce ballon. Si l'on ne connaît pas UA mais la constante de refroidissement  $C_r$  (Wh/l.K.jour). On utilise la relation :

$$UA = C_r \cdot V_n / 24 \text{ [W/K]}$$

On note que la méthode de calcul ne s'applique que si la constante de refroidissement du ballon est inférieure ou égale à la valeur par défaut du ballon d'eau chaude, c'est à dire :  $C_r \leq 4.2 V_n^{-0.45}$  (Tableau 55).

Le volume de stockage solaire  $V_S$  est obtenu par la relation suivante :

$$V_S = V_n \cdot (1 - f_{aux}) \quad \text{[litres]}$$

où  $f_{aux}$  est la fraction effective concernée par l'appoint intégré éventuel. Si le ballon ne comporte pas d'appoint intégré,  $f_{aux}$  est nulle. Si le ballon comporte un appoint intégré, trois cas sont possibles.

- 1)  $f_{aux}$  peut-être connu directement par des essais réalisés selon les spécifications de la norme NF EN 12976-2.
- 2) On considère le volume chauffé par l'appoint (compris entre le haut du ballon et le bas de la résistance électrique ou de l'échangeur)  $V_{ap}$  et on applique la formule :

$$f_{aux} = x \cdot V_{ap} / V_n \quad \text{[-]}$$

où x est un coefficient de gestion égal à :

- 0,9 si l'appoint est une résistance électrique alimentée en permanence ou un échangeur raccordé à une chaudière fonctionnant en permanence,
  - 0,6 dans le cas contraire (appoint en fonctionnement de nuit ou utilisation de l'appoint en secours).
- 3) Par défaut on prend pour  $f_{aux}$  la valeur 0,5 dans le cas d'un ballon vertical et 2/3 dans le cas d'un ballon horizontal.

### 18.4.4 CAS PARTICULIER DU PLANCHER SOLAIRE

Dans le cas où l'installation comporte un plancher chauffant ayant une fonction de stockage, qu'on désigne par "plancher solaire", celui-ci est caractérisé par sa superficie  $A_p$  ainsi que par le diamètre et l'écartement des tubes.

## 18.5 EXPRESSION DE LA COUVERTURE SOLAIRE

### 18.5.1 FORMULE GENERALE

On calcule un taux de couverture solaire  $F_{ecs}$  pour les besoins d'eau chaude et un taux de couverture solaire  $F_{ch}$  pour les besoins de chauffage. La formule générale est la suivante<sup>2</sup> :

$$F = c_w ( aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3 ) \quad [-]$$

Si le résultat de la formule est négatif alors  $F = 0$ , s'il est supérieur à 1,  $F = 1$ .

où :

$c_w$  est un coefficient correctif d'irrigation du stockage calculé au paragraphe 18.5.3.6.

a, b, c, d, e et f sont des coefficients dépendant du type de stockage comme indiqué dans le tableau suivant :

Coefficient	Stockage à eau	Plancher solaire
a	1,029	0.863
b	-0,065	-0.147
c	-0,245	-0.263
d	0,0018	0.008
e	0,0215	0.029
f	0	0.025

**Tableau 81 :**

X et Y sont deux paramètres sans dimensions. X est le rapport des pertes de captage conventionnelles aux besoins, avec des corrections éventuelles (coefficient  $c_{OS}$ ). Y est le rapport de l'énergie solaire absorbée aux besoins.

Dans le cas d'un chauffe-eau solaire préfabriqué en usine dont les performances sont connues :

$$X = A_C \cdot U_C \cdot \Delta T \cdot t_{\text{mois}} \cdot c_{OS} / Q \quad [-]$$

$$Y = A_C \cdot I_{SC} \cdot t_{\text{mois}} / Q \quad [-]$$

Dans les autres cas :

$$X = A \cdot U_C \cdot \eta_p \cdot \Delta T \cdot t_{\text{mois}} \cdot c_{OS} / Q \quad [-]$$

$$Y = A \cdot \eta_0 \cdot \eta_p \cdot I_{SC} \cdot t_{\text{mois}} / Q \quad [-]$$

Dans les formules qui précèdent,  $t_{\text{mois}}$  est la durée du mois en heures.

L'efficacité de la boucle de captage  $\eta_p$ , le coefficient de déperdition thermique de la boucle de captage  $U_C$ , l'écart de température conventionnel  $\Delta T$ , les besoins Q, le coefficient correctif de stockage  $c_{OS}$  et l'ensoleillement sur le plan des capteurs  $I_{SC}$  sont déterminés dans le §18.5.3.

Les paramètres A,  $\eta_0$ ,  $A^*$  et  $U_C^*$  sont des caractéristiques des produits définis au §18.4.

Conventionnellement, on considère pour le mois de janvier que  $F_{ecs}$  et  $F_{ch}$  sont égaux à 0,2, les pertes récupérables étant nulles.

Remarque : Le taux de couverture solaire des besoins de chauffage est calculé indépendamment des phases de chauffage. Le coefficient  $(1 - F_{ch})$  s'applique aux besoins de chauffage quelle que soit la phase.

<sup>2</sup> formule empruntée à la méthode f-chart

Le calcul du taux de couverture solaire tient compte des pertes de génération du système solaire.

### 18.5.2 CAS D'UN SYSTEME COMBINE (CHAUFFAGE ET ECS)

Pour un système combiné, on calcule successivement un taux de couverture solaire  $F_{ecs}$  pour les besoins d'eau chaude et un taux de couverture solaire  $F_{ch}$  pour les besoins de chauffage. La formule générale donnée au paragraphe 18.5.1 s'applique en supposant que chaque mois, une partie de la superficie de captage est consacrée au chauffage et l'autre partie à l'eau chaude, au prorata des besoins de chauffage et d'eau chaude.

S'il y a un stockage unique pour le chauffage et pour l'eau chaude on affecte de la même manière une partie du volume au chauffage et l'autre partie à l'eau chaude, au prorata des besoins de chauffage et d'eau chaude.

Dans les formules qui précèdent, donnant les paramètres X, Y et  $C_{OS}$ , la superficie de captage est multipliée par le coefficient  $P_{arch}$  pour le calcul de la couverture solaire des besoins de chauffage et par le coefficient  $P_{arecs}$  pour le calcul de la couverture solaire des besoins d'eau chaude. S'il y a lieu le volume de stockage est multiplié par le coefficient  $P_{arch}$  pour le calcul de la couverture solaire des besoins de chauffage et par le coefficient  $P_{arecs}$  pour le calcul de la couverture solaire des besoins d'eau chaude.

$$P_{arch} = Q_{ch} / (Q_{ch} + Q_{ecs}) \quad [-]$$

$$P_{arecs} = Q_{ecs} / (Q_{ch} + Q_{ecs}) \quad [-]$$

### 18.5.3 EXPRESSION DES PARAMETRES

#### 18.5.3.1 Efficacité de la boucle de captage

$\eta_p$  est l'efficacité de la boucle de captage, dont on retiendra la valeur unique :

$$\eta_p = 0,8$$

Remarque : dans le cas des chauffe-eau, la valeur de  $\eta_p$  est intégrée au coefficient  $A_C^*$  (cf. §18.4.2).

#### 18.5.3.2 Déperditions thermiques de la boucle de captage

La boucle de captage est caractérisée par son coefficient de déperditions thermiques  $U_C$  ( $W/(m^2.K)$ ), ramené à la superficie de capteurs. Il s'obtient en ajoutant au coefficient de déperditions thermiques du premier ordre du capteur  $a_1$  (cf §18.4.1), le terme  $UL/A$ , où  $UL$  est le coefficient de déperditions thermiques équivalent des tuyauteries du circuit des capteurs.

$$U_C = a_1 + UL/A \quad [W/(m^2.K)]$$

$UL$  est le produit de la longueur des tuyauteries par leur coefficient d'émission calculé comme indiqué au § 13.1.2 des règles Th-C. Faute de faire ce calcul on retiendra la valeur suivante de  $UL$  :

$$UL = 5 + 0,5 A \quad [W/K]$$

Remarque : dans le cas des chauffe-eau pré-fabriqués en usine, les pertes de la boucles de captage sont caractérisées par le coefficient  $U_C^*$  rapporté à la superficie équivalente de captage et non à la superficie de capteurs (cf. § 18.4.2).

### 18.5.3.3 Écart de température conventionnel

L'écart de température  $\Delta T$  pour le calcul des pertes conventionnelles du capteur est déterminé comme suit :

$$\Delta T = \theta_{rf} - \theta_e \quad [K]$$

où  $\theta_e$  est la température extérieure moyenne du mois en °C et où  $\theta_{rf}$  est égal à :

- 17,2 °C dans le cas du chauffage avec un plancher à accumulation solaire
- 100 °C dans le cas du chauffage avec un ballon de stockage
- $11,6 + 1,18 \theta_{uw} + 3,86 \theta_{cw} - 2,32 \theta_e$  dans le cas d'un calcul de couverture solaire des besoins d'eau chaude sanitaire

avec  $\theta_{uw}$  est la température de l'eau chaude utilisée au puisage prise égale à 40°C

$\theta_{cw}$  est la température de l'eau froide entrant dans le système de préparation d'eau chaude.

### 18.5.3.4 Besoins

Q prend la valeur  $Q_{ecs}$  dans le cas du calcul de la couverture solaire des besoins d'eau chaude et  $Q_{ch}$  dans le cas du calcul de la couverture solaire des besoins de chauffage.

$Q_{ecs}$  sont les besoins pour l'eau chaude en Wh comptés en aval de l'appoint (donc en amont de la distribution) :

$$Q_{ecs} = Q_w + Q_{d,w} \quad [Wh]$$

$Q_w$  et  $Q_{d,w}$  sont les besoins d'eau chaude et les pertes de distribution (cf §10 et §15).

$Q_{ch}$  est égal aux besoins de chauffage augmentés des pertes au dos des émetteurs et des pertes de distributions.

$$Q_{ch} = Q_h + Q_{per\_em} + Q_{d\_ch} \quad [Wh]$$

Dans le cas du plancher solaire, si le plancher n'est pas utilisé pour l'émission de l'énergie d'appoint,  $Q_{per\_em}$  est nul.

### 18.5.3.5 Coefficient correctif de stockage du système solaire

Dans le cas d'un stockage à eau, le coefficient correctif de stockage  $c_{OS}$  est donné par la formule suivante :

$$c_{OS} = (V_{conv}/V_S)^{0,25} \quad [-]$$

$V_S$  est le volume de stockage solaire. Dans le cas des chauffe-eau, on utilise la formule :

$$V_S = C_S / \rho_w \cdot c_p \quad [\text{litres}]$$

ou  $\rho_w$  est la masse volumique de l'eau (1 kg/l).  $c_p$  est la capacité calorifique de l'eau (0,00418 MJ/kg.K).

$V_{conv}$  est un volume conventionnel égal à 75 litres par m<sup>2</sup> de capteurs.

Dans le cas d'un plancher solaire, le coefficient correctif de stockage  $c_{OS}$  est donné par la formule suivante :

$$c_{OS} = (55 \cdot A / A_p)^{0,03} \quad [-]$$

A et  $A_p$  étant respectivement la superficie de capteurs et la superficie du plancher solaire.

### 18.5.3.6 Coefficient correctif d'irrigation du stockage

Dans le cas d'un système de chauffage solaire à stockage à eau ou de production d'eau chaude sanitaire solaire :

$$c_w = 1$$

[-]

Dans le cas d'un plancher solaire les valeurs de  $c_w$  sont données dans le tableau ci-dessous en fonction de l'écartement et du diamètre des tubes :

Écartement des tubes en cm	Diamètre des tubes en mm			
	jusqu'à 17	de 18 à 22	de 23 à 27	28 et plus
jusqu'à 17	1	1,01	1,03	1,04
de 18 à 22	0,98	1	1,01	1,03
de 23 à 27	0,96	0,98	1	1,01
28 et plus	0,94	0,95	0,97	1

**Tableau 82 : valeurs des coefficients  $c_w$**

Si on ne connaît pas les valeurs de l'écartement des tubes et leur diamètre, on adopte la valeur pénalisante  $c_w = 0,94$ .

De même si on a un système comportant plusieurs planchers ayant différentes caractéristiques, on prendra la valeur pénalisante  $c_w = 0,94$ .

### 18.5.3.7 Ensoleillement sur les capteurs

$I_{SC}$  est l'ensoleillement sur le plan des capteurs en moyenne mensuelle exprimé en  $W/m^2$ .

Deux configurations d'orientation des capteurs sont possibles :

- 1) Dans le cas où les capteurs sont orientés entre le sud-est et le sud-ouest, inclinés entre 40 et 50 ° sur l'horizontale, et sans obstacle susceptible de les masquer, les valeurs de  $I_{SC}$  sont données dans le tableau ci-dessous pour les trois zones climatiques.

Ces valeurs intègrent une minoration d'environ 6 % pour tenir compte de l'angle d'incidence (la performance d'un capteur vitré diminue lorsque l'angle d'incidence s'écarte de l'incidence normale). Cette minoration n'étant valable que pour les capteurs vitrés, il faut diviser les valeurs du tableau par 0,94 en cas de capteurs non vitrés.

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
H1a	52	84	119	153	183	187	184	187	157	104	61	41
H1b	46	80	117	156	183	193	199	189	148	98	58	40
H1c	65	98	146	174	190	207	221	212	178	117	74	59
H2a	59	85	119	153	184	193	190	185	159	110	75	52
H2b	70	105	154	187	210	214	203	207	208	124	77	64
H2c	84	121	159	183	198	206	218	210	183	123	85	69
H2d	110	149	181	207	227	246	259	256	219	156	115	99
H3	124	136	180	199	215	233	244	245	216	161	122	116

**Tableau 83 : Valeurs mensuelles de l'ensoleillement corrigé sur des capteurs vitrés inclinés à 45 ° et orientés vers le sud ( $W/m^2$ )**



- 2) Si l'on n'est pas dans le cas précédent, on applique un coefficient de réduction de 0,8 aux valeurs du tableau pourvu que l'orientation des capteurs soit comprise entre  $-90$  et  $+90^\circ$  (sud =  $0^\circ$ ) et que la hauteur moyenne des obstacles sur l'horizon soit inférieure à  $20^\circ$ .

Pour toutes les autres configurations, on ne tient pas compte du système solaire dans les calculs du coefficient C.

## 18.6 CALCUL DES PERTES DE TRANSMISSION ENTRE LE BALLON SOLAIRE ET L'APPOINT

Dans le cas d'une installation d'eau chaude sanitaire les pertes de transmission entre le ballon solaire et l'appoint sont ajoutées aux pertes de distribution en aval de l'appoint et sont donc aussi multipliées par  $(1 - F)$  pour le calcul de la consommation d'appoint.

Dans le cas d'une installation de chauffage solaire à stockage à eau les pertes de transmission entre le ballon solaire et l'appoint sont négligées.

### 18.6.1 CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL

Dans le cas de l'appoint intégré, ces pertes sont nulles.

Dans le cas d'un chauffe-eau solaire individuel à appoint séparé les pertes  $Q_{dwsa}$  entre le ballon solaire et l'appoint se calculent avec la formule suivante :

$$Q_{dwsa} = F_{ecs} \cdot (0,005 \cdot l_{satot} + 0,08 \cdot l_{sahvc}) \cdot Q_{ecs} \quad [Wh]$$

$F_{ecs}$  est le taux de couverture solaire pour l'eau chaude sanitaire.

$l_{satot}$  est la longueur totale en mètres de la tuyauterie entre ballon solaire et appoint,  $l_{sahvc}$  étant la longueur située hors volume chauffé.

Si l'on ne connaît pas ces longueurs on prend :

$$Q_{dwsa} = 0,05 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad [Wh]$$

### 18.6.2 INSTALLATION D'EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE A APPOINT CENTRALISE

$$\text{On prend : } Q_{dwsa} = 0,02 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad \text{si la tuyauterie est isolée,} \quad [Wh]$$

$$Q_{dwsa} = 0,05 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad \text{si la tuyauterie n'est pas isolée.} \quad [Wh]$$

### 18.6.3 INSTALLATION D'EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE A APPOINTS INDIVIDUELS

Lorsque les appoints individuels sont reliés au ballon solaire par un réseau bouclé dont le retour s'effectue dans le ballon solaire, les pertes du réseau bouclé sont de même nature que celles du ballon solaire et ne sont pas comptées ici.

Sinon on prend

$$Q_{dwsa} = 0,25 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad \text{si la tuyauterie est isolée,} \quad [Wh]$$

$$Q_{dwsa} = 0,4 F_{ecs} \cdot Q_{ecs} \quad \text{si la tuyauterie n'est pas isolée.} \quad [Wh]$$

## 18.7 PERTES DE STOCKAGE DE L'APPOINT

### 18.7.1 APPOINT CENTRALISE (INSTALLATION COLLECTIVE D'EAU CHAUDE SANITAIRE)

Les pertes de stockage sont calculées comme au §16.

### 18.7.2 APPOINT INDIVIDUEL (INSTALLATION D'EAU CHAUDE SANITAIRE)

Si l'appoint est séparé, les pertes de stockage sont calculées comme au §16 de la méthode Th-C mais en introduisant le coefficient minorateur  $c_a$  (coefficient d'arrêt) qui tient compte de l'arrêt de l'appoint pendant les périodes où l'énergie solaire est suffisante. Il est déterminé comme suit :

$$- \text{ si } F_{\text{ecs}} < 0,75 : c_a = 1 \quad [-]$$

$$- \text{ si } F_{\text{ecs}} \geq 0,75 : c_a = 4 (1 - F_{\text{ecs}}) \quad [-]$$

Si l'appoint est intégré dans le ballon solaire, on procède comme ci-dessus après avoir multiplié le volume de stockage total par le facteur  $f_{\text{aux}}$  (cf.18.4.3).

On note que le calcul du coefficient minorateur n'intervient pas dans le calcul de la récupération de chaleur pour le chauffage.

### 18.7.3 PERTES RECUPERABLES DE L'APPOINT

Les pertes récupérables concernent la part appoint du ballon. Les pertes récupérables sont égales aux pertes multipliées par un coefficient de récupération.

## 18.8 CONSOMMATION DE L'APPOINT

$$C_{\text{app\_ECS}} = (Q_{\text{ecs}} + Q_{\text{dwsa}}) * (1 - F_{\text{ECS}}) + Q_{\text{gw\_app}} \cdot C_{\text{nbjocc}}$$

$Q_{\text{gw\_app}}$  étant les pertes du stockage d'appoint §18.7.

$C_{\text{nbjocc}}$  est le ratio du nombre mensuel de jours occupés au nombre total de jours du mois.

## 18.9 CONSOMMATION DES AUXILIAIRES DE L'INSTALLATION SOLAIRE

Pour un chauffe-eau à thermosiphon, la consommation des auxiliaires est nulle.

Pour une installation à circulation forcée on ne considère que les circulateurs ou pompes solaires (en négligeant notamment la consommation de la régulation). Si  $P_{\text{ax}}$  est la puissance consommée par le circulateur ou les pompes, exprimée en W, la consommation des auxiliaires de l'installation solaire a pour valeur :

$$C_{\text{ax}} = P_{\text{ax}} \cdot D_{\text{fonc}} \quad [\text{Wh}]$$

La durée de fonctionnement  $D_{\text{fonc}}$  est donnée par la formule suivante :

$$D_{\text{fonc}} = D_{\text{ens}} \cdot \min [ 1 ; ( Q_{\text{ch}} + Q_{\text{ecs}} ) / ( I_{\text{sc}} \cdot A \cdot 0,4 \cdot t_{\text{mois}} ) ] \quad [\text{h}]$$

**Dans cette formule, on considère que, en hiver, lorsque l'ensoleillement récupérable est inférieur aux besoins, la pompe primaire fonctionne tant que le soleil brille. Inversement, en été, la pompe fonctionne proportionnellement au rapport entre les besoins et l'ensoleillement récupérable (ce dernier est estimé en prenant en compte un rendement moyen du capteur solaire égal à 40 %).**

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
H1a	57	81	202	150	181	208	246	205	156	103	59	47
H1b	54	71	112	187	198	214	252	202	160	89	79	56
H1c	68	91	165	145	167	213	277	261	186	122	69	57
H2a	89	76	205	162	188	248	231	217	146	111	84	81
H2b	78	118	188	205	244	290	340	251	234	145	119	119
H2c	107	124	169	183	191	255	291	295	179	113	119	80
H2d	142	195	262	242	236	315	376	326	248	197	160	156
H3	138	104	212	235	288	282	334	285	245	201	203	154

Tableau 84 : Durées mensuelles d'ensoleillement en heures

Faute de connaître  $P_{ax}$  on adopte la valeur :

$$P_{ax} = 50 + 5 A \quad [W]$$

A étant la superficie des capteurs en m<sup>2</sup>.

Si A = 0 m<sup>2</sup> alors  $P_{ax} = 0$  W. Cette valeur est utilisée pour le calcul des consommations des auxiliaires dans le cas de la référence.

### 18.10 REFERENCES NORMATIVES

			Indice de classement	Titre	Publ
NF	EN	12975-2	P 50-530-2	Installations solaires thermiques et leurs composants - Capteurs solaires - Partie 2 : Méthodes d'essai	2002
NF	EN	12976-1	P 50-531-1	Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations préfabriquées en usine - Partie 1 : Exigences générales	2002
NF	EN	12976-2	P 50-531-2	Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations préfabriquées en usine - Partie 2 : Méthodes d'essai	2002

Tableau 85 : références normatives

## 19. INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUES

### 19.1 DOMAINE D'APPLICATION

L'installation solaire photovoltaïque est prise en compte dans le calcul du coefficient C uniquement si elle est prévue dans le permis de construire.

Elle ne couvre donc pas les installations indépendantes sur châssis (champs photovoltaïques) ou mobilier urbain en périphérie du bâtiment.

La méthode de calcul vise les installations photovoltaïques connectées à un point du réseau électrique de distribution basse, moyenne ou haute tension, selon les termes de l'arrêté du 13 mars 2002, et fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000.

La méthode de calcul :

- concerne uniquement les systèmes en connexion pure. C'est-à-dire les installations dont l'objectif est de pouvoir revendre tout ou partie de sa production sur le réseau électrique. Aucun système de stockage de l'énergie n'est donc considéré,
- ne concerne pas les installations photovoltaïques à concentration,
- ne permet pas de prise en compte spécifique pour les installations photovoltaïques hybrides,
- ne traite pas spécifiquement les couplages des systèmes photovoltaïques et des façades double peaux.

### 19.2 PRINCIPE DE CALCUL

Le principe de calcul est le suivant :

L'énergie électrique  $E_{pv}$  produite par les modules photovoltaïques est calculée au niveau du bâtiment.

On affecte à la contribution photovoltaïque  $E_{pv}$  un coefficient de conversion  $C_{ep,pv}$  égal à celui de l'électricité. Cette contribution corrigée est alors soustraite au coefficient C du bâtiment.

L'énergie produite par les modules photovoltaïques apparaît donc comme une réduction directe du coefficient C de la méthode Th-C. En revanche, dans le calcul de la référence la contribution des modules photovoltaïques est nulle.

### 19.3 METHODE DE CALCUL

La formule de la quantité d'énergie annuelle produite par le système photovoltaïque est donnée par :

$$E_{pv} = H_i \cdot P_0 \cdot R_p$$

Avec

- $E_{pv}$  : énergie totale délivrée par le système photovoltaïque [kwh]
- $H_i$  : énergie incidente annuelle dans le plan des modules [kWh/m<sup>2</sup>]
- $P_0$  : puissance crête [kWc] d'après NF C 57-100
- $R_p$  : Indice de performance

Note : la puissance crête [kWc] représente la puissance d'un module de surface  $A_{pv}$ , maintenu à 25°C sous un ensoleillement de 1000 W/m<sup>2</sup>.

### 19.3.1 ENERGIE INCIDENTE HI

La détermination de l'énergie incidente annuelle (mensuelle) dans le plan des modules est donnée par la formule :

$$H_i = H_{\text{hor,zone}} \cdot FT$$

Avec :

$H_{\text{hor,zone}}$  : énergie incidente annuelle sur un plan horizontal par région géographique [kWh/m<sup>2</sup>],

FT : Facteur de transposition.

Pour le calcul de l'énergie incidente annuelle sur un plan horizontal par région géographique  $H_{\text{hor,zone}}$ , on adopte par convention la répartition suivante :

- PACA, Languedoc Roussillon : 1500 kWh/m<sup>2</sup>
- Rhône Alpes, Midi Pyrénées : 1350 kWh/m<sup>2</sup>
- Pays de la Loire, Poitou Charente, Aquitaine, Limousin, Auvergne : 1250 kWh/m<sup>2</sup>
- Bretagne, Basse Normandie, Centre, Bourgogne, Franche Comté : 1150 kWh/m<sup>2</sup>
- Nord Pas de Calais, Haute Normandie, Picardie, Ile de France, Champagne Ardenne, Lorraine, Alsace : 1050 kWh/m<sup>2</sup>

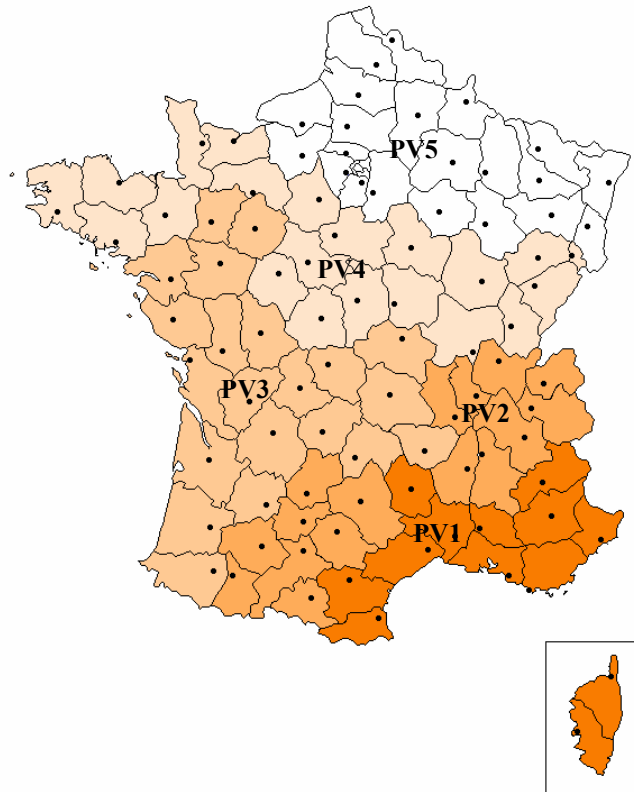
Le Tableau 86 donne une définition de ces éclairagements en fonction des départements associés, conformément à la définition des zones géographiques de la RT2000.

Le facteur de transposition FT traduit la variation d'énergie incidente dans un plan incliné par rapport à l'énergie incidente dans un plan horizontal. Les valeurs du tableau ci-dessous ont été calculées par le logiciel PVSYST et représentent la moyenne arithmétique obtenue pour différentes stations météorologiques d'une même zone. Ces valeurs sont calculées par la formule :

$$FT = H_{i,\text{inclinaison, orientation}} / H_{i,\text{horizontal,sud}}$$

Zone	Régions associées	Départements	Energie solaire sur plan horizontal [kWh/m <sup>2</sup> /an]
PV1	PACA, Languedoc Roussillon	04-05-06-13-83-84 11-30-34-48-66	1500
PV2	Rhône Alpes, Midi Pyrénées	01-07-26-38-42-69-73-74 09-12-31-32-46-65-81-82	1350
PV3	Pays de la Loire, Poitou Charente, Aquitaine, Limousin, Auvergne	44-49-53-72-85 16-17-79-86 24-33-40-47-64 19-23-87 03-15-43-63	1250
PV4	Bretagne, Basse Normandie, Centre, Bourgogne, Franche Comté	22-29-35-56-14-50-61 18-28-36-37-41-45 21-58-71-89-25-39-70-90	1150
PV5	Nord Pas de Calais, Haute Normandie, Picardie, Ile de France, Champagne Ardenne, Lorraine, Alsace	59-62-27-76 02-60-80 77-78-91-95+Paris 08-10-51-52 54-55-57-88-67-68	1050

**Tableau 86 : Valeurs de  $H_{\text{hor,zone}}$**



FT – Zone PV1		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	0.93	1.09	1.15	1.09	0.93
	45°	0.87	1.06	1.13	1.06	0.87
	60°	0.79	0.99	1.06	0.99	0.79
	90°	0.59	0.74	0.77	0.74	0.59

FT – Zone PV2		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	0.93	1.06	1.10	1.06	0.93
	45°	0.87	1.02	1.08	1.02	0.87
	60°	0.79	0.95	1.00	0.95	0.79
	90°	0.60	0.70	0.71	0.70	0.60

FT – Zone PV3		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	0.93	1.07	1.13	1.07	0.93
	45°	0.87	1.05	1.11	1.05	0.87
	60°	0.79	0.98	1.04	0.98	0.79
	90°	0.60	0.73	0.76	0.73	0.60

FT – Zone PV4		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	0.93	1.06	1.11	1.06	0.93
	45°	0.87	1.03	1.09	1.03	0.87
	60°	0.79	0.96	1.02	0.96	0.79
	90°	0.60	0.72	0.74	0.72	0.60

FT – Zone PV5		Orientation				
Inclinaison		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
	0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	0.94	1.06	1.11	1.06	0.94
	45°	0.88	1.03	1.08	1.03	0.88
	60°	0.80	0.96	1.01	0.96	0.80
	90°	0.61	0.72	0.74	0.72	0.61

Tableau 87 : Valeurs de FT

### 19.3.2 PUISSANCE CRETE P<sub>0</sub>

La valeur de la puissance crête P<sub>0</sub> des modules photovoltaïques (cristallins ou amorphes) est déterminée conformément aux normes :

- IEC 61215 : "Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval", pour les modules cristallins
- IEC 61646 : "Thin Film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval" pour les modules amorphes

La valeur de la puissance crête P<sub>0</sub> est obtenue sous des Conditions de Test "Standard" (STC) : T<sub>ref</sub> = 25 °C ±2 °C, G<sub>ref</sub> = 1000 W/m<sup>2</sup> avec la répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence.

Deux cas sont distingués :

- On dispose d'un procès verbal d'essai émanant d'un laboratoire accrédité Cofrac. On utilise la valeur de P<sub>0</sub> indiquée sur le procès verbal,
- On ne dispose pas d'un tel procès verbal. P<sub>0</sub> est calculé en multipliant la valeur de Rs donnée dans le tableau suivant en fonction du type de module par la surface S du module, en excluant le cadre de celui-ci.

Type de module	Rs [Wc/m <sup>2</sup> ]
Mono cristallin	125
Multi cristallin	115
Silicium Amorphe	55
Couches Minces	35

Tableau 88 : Valeurs par défaut de la puissance crête par m<sup>2</sup>

$$P_0 = R_s \times S$$

### 19.3.3 INDICE DE PERFORMANCE RP

La valeur de l'indice de performance  $R_p$  qui est un facteur de correction du rendement global des modules photovoltaïques, dépend :

- du système de conversion DC/AC,
- de la température réelle de fonctionnement des modules,
- du type d'intégration des modules dans le bâtiment.

Dans ce dernier cas, on peut distinguer différents types d'intégration en fonction de la catégorie de ventilation des modules :

- non ventilés ou isolés (tout type d'intégration)
- ventilés ou faiblement ventilés (pose sur toiture)
- très ventilés ou ventilation forcée (pose sur toiture terrasse, brise-soleil, double peau)

Les valeurs prises dans la méthode de calcul sont :

	<b>R<sub>p</sub></b>
Modules non ventilés	0,70
Modules ventilés ou faiblement ventilés	0,75
Modules très ventilés ou ventilation forcée	0,80

**Tableau 89 : Valeurs de R<sub>p</sub>**

### 19.3.4 EXEMPLES

<b>Données du projet</b>		<b>Exemple 1</b>	<b>Exemple 2</b>	<b>Exemple 3</b>
Région administrative		Rhône Alpes PV2	Languedoc Roussillon PV1	Ile de France PV5
Orientation		Sud	Sud	Sud
Inclinaison		30°	90°	60°
Technologie		Mono-cristallin	Multi-cristallin	Amorphe
Puissance crête [kWc]		1.1	10	22
Ventilation des modules		Non ventilés	Ventilation forcée	Ventilés faiblement
<b>Calculs préliminaires</b>		<b>Exemple 1</b>	<b>Exemple 2</b>	<b>Exemple 3</b>
H <sub>hor,zone</sub> [kWh/m <sup>2</sup> /an]	<i>selon Tableau 1</i>	1350.0	1500.0	1050.0
FT	<i>selon Tableau 2</i>	1.10	0.77	1.01
H <sub>i</sub> [kWh/m <sup>2</sup> /an]	<i>selon Equation 2</i>	1485.0	1155.0	1060.5
R <sub>p</sub> 4	<i>selon Tableau</i>	0.70	0.80	0.75
<b>Résultats Règles TH-C</b>		<b>Exemple 1</b>	<b>Exemple 2</b>	<b>Exemple 3</b>
E <sub>pV</sub> [kWh/an] 1	<i>selon Equation</i>	1143.5	9240.0	17498.3
A <sub>pV</sub> [m <sup>2</sup> ] 6	<i>selon Equation</i>	8.80	86.96	400.00

**Tableau 90 :**



## Rappel des normes de l'industrie photovoltaïque

IEC 61173 Ed. 1.0	Overvoltage protection for photovoltaic (PV) power generating systems - Guide
IEC 61194 Ed. 1.0	Characteristic parameters of stand-alone photovoltaic (PV) systems
IEC 61277 Ed. 1.0	Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems - General and guide
IEC 61683	Photovoltaic systems - Power conditioners - Procedure for measuring efficiency
IEC 61702 Ed. 1.0	Rating of direct coupled photovoltaic (PV) pumping systems
IEC 61724 Ed. 1.0	Photovoltaic system performance monitoring - Guidelines for measurement, data exchange and analysis
IEC 61725 Ed. 1.0	Analytical expression for daily solar profiles
IEC 61727 Ed. 1.0	Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface
IEC 61829 Ed. 1.0	Crystalline silicon photovoltaic (PV) array - On-site measurement of I-V characteristics
IEC 61836 TR2 Ed. 1.0	Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols
IEC/PAS 62111 Ed. 1.0	Specifications for the use of renewable energies in rural decentralised electrification
IEC 61427	Secondary cells and batteries for solar photovoltaic energy systems - General requirements and methods of test
IEC 61723	Safety guidelines for grid connected photovoltaic (PV) systems mounted on buildings
IEC 61836-2	Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols - Part 2
IEC 62078	Certification and accreditation program for photovoltaic (PV) components and systems - Guidelines for a total quality system
IEC 62109	Electrical safety of static inverters and charge controllers for use in photovoltaic (PV) power systems
IEC 62124	Photovoltaic stand-alone systems - Design qualification and type approval
IEC 62093	Balance of System for Photovoltaic stand-alone systems - Design qualification and type approval
IEC 61721 Ed. 1.0	Susceptibility of a photovoltaic (PV) module to accidental impact damage (resistance to impact test)
IEC 61701 Ed. 1.0	Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules
IEC 61646 Ed. 1.0	<b>Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval</b>
IEC 61345 Ed. 1.0	UV test for photovoltaic (PV) modules
IEC 61215 Ed. 1.0	<b>Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval</b>
IEC 60904-10 Ed. 1.0	Photovoltaic devices - Part 10: Methods of linearity measurement
IEC 60904-9 Ed. 1.0	Photovoltaic devices - Part 9: Solar simulator performance requirements
IEC 60904-8 Ed. 2.0	Photovoltaic devices - Part 8: Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device
IEC 60904-7 Ed. 2.0	Photovoltaic devices - Part 7: Computation of spectral mismatch error introduced in the testing of a photovoltaic device
IEC 60904-6 Ed. 1.0	Photovoltaic devices - Part 6: Requirements for reference solar modules, Amendment 1
IEC 60904-5 Ed. 1.0	Photovoltaic devices - Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method
IEC 60904-3 Ed. 1.0	Photovoltaic devices. Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data
IEC 60904-2 Ed. 1.0	Photovoltaic devices. Part 2: Requirements for reference solar cells, Amendment 1
IEC 60904-1 Ed. 1.0	Photovoltaic devices. Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics
IEC 60891 Ed. 1.0	Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices, Amendment No. 1

Normes existantes pour les composants

Normes existantes pour les systèmes

Normes proposes pour les systèmes

**Tableau 91 : normes de l'industrie photovoltaïque**

## 20. COEFFICIENT $C_{EP}$ DU BATIMENT

Le coefficient  $C_{ep}$  du bâtiment est exprimé en kWh d'énergie primaire par  $m^2$  par an.

Il est obtenu par la formule suivante :

$$C_{ep} = C_{ch} C_{ep\text{-}ch} + C_{fr} C_{ep\text{-}fr} + C_{ecs} C_{ep\text{-}ecs} + C_{ecl} C_{ep\text{-}ecl} + C_{vent} C_{ep\text{-}vent} + C_{aux} C_{ep\text{-}aux} - E_{pv} C_{ep\text{-}pv}$$

(kWh e.p./ $m^2$ /an) (Eq 241)

où :

$C_{ch}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant au chauffage hors auxiliaires et ventilateurs, en kWh/ $m^2$ ,

$C_{fr}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant au refroidissement hors auxiliaires et ventilateurs, en kWh/ $m^2$ ,

$C_{ecl}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant à l'éclairage, en kWh/ $m^2$ ,

$C_{ecs}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant à l'eau chaude sanitaire hors auxiliaires, , en kWh/ $m^2$ ,

$C_{vent}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant aux ventilateurs , en kWh/ $m^2$ ,

$C_{aux}$  est la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment correspondant aux autres auxiliaires de distribution et génération, en kWh/ $m^2$ ,

$E_{pv}$  représente la fourniture d'énergie photovoltaïque, en kWh/ $m^2$ ,

$C_{ep\text{-}ch}$ ,  $C_{ep\text{-}fr}$ ,  $C_{ep\text{-}ecs}$ ,  $C_{ep\text{-}ecl}$ ,  $C_{ep\text{-}vent}$ ,  $C_{ep\text{-}aux}$ ,  $C_{ep\text{-}pv}$  sont les coefficients de transformation en énergie primaire correspondant respectivement au chauffage, au refroidissement, à l'eau chaude sanitaire, à l'éclairage, à la ventilation et au photovoltaïque.

Si par exemple le chauffage utilise deux énergies le produit  $C_{ch} * C_{ep\text{-}ch}$  est remplacé par  $C_{ch,1} * C_{ep\text{-}ch,1} + C_{ch,2} * C_{ep\text{-}ch,2}$  ; le produit d'indice 1 correspondant à l'énergie 1 et le produit d'indice 2 à l'énergie 2.

Les coefficients de transformation en énergie primaire sont données dans le tableau suivant :

Énergie	$C_{ep}$
Électricité et photovoltaïque	2,58
bois	1
Réseau	1
Autres énergies	1

**Tableau 92 : Coefficients de transformation en énergie primaire**

## 21. MÉTHODE TH-E

### 21.1 INTRODUCTION

La méthode Th-E a pour objet de donner la méthode de calcul de la température Tic et de la température Ticref, telles que définies dans l'arrêté relatif aux « caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ».

### 21.2 METHODE DE CALCUL

Le calcul de l'évolution des températures intérieures d'un groupe est mené sur une journée chaude de référence au pas de temps horaire et corrigé par un effet séquentiel. La valeur de Tic en °C est arrondie à la valeur la plus proche à 0,1 °C.

Le calcul est mené sur 7 jours en commençant le lundi avec une température initiale de masse de 26 °C.

Pour le résidentiel, on retient les résultats du 7<sup>e</sup> jour et pour les autres cas du 5<sup>e</sup> jour (vendredi).

#### 21.2.1 CALCUL SUR LA JOURNEE CHAUDE DE REFERENCE

##### 21.2.1.1 Transmittances thermiques

La transmittance des parois est identique à celle prise en compte dans la méthode Th-C.

##### 21.2.1.2 Détermination de la température opérative hors effet séquentiel

Le calcul est identique à celui de la méthode Th-C.

#### 21.2.2 CORRECTION POUR L'EFFET SEQUENTIEL

L'effet séquentiel est pris en compte par le biais de la constante de temps séquentielle du volume étudié, CTP, et de l'écart de température, Eseq, entre la moyenne de la journée chaude de référence et la moyenne mensuelle. On calcule un abaissement de température DTI qui est ensuite appliqué aux valeurs horaires calculées sur la journée chaude de référence.

$$DTI = 0,75 \cdot E_{seq} \left( 1 - \left[ \frac{(1 + 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot C_{TP}^2 \cdot (1 - B1)^2)}{1 + 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot C_{TP}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right)$$

avec :

$$B1 = 1/(1 + Rms \cdot H)$$

$$CTP = 0,278 \cdot Cms / H$$

Cms capacité thermique séquentielle telle que définie dans les règles Th-I en kJ/K

H déperditions moyennes par les parois et le renouvellement de l'air du groupe :

$$H = Hth + Hes + Hei \quad \text{comme calculé en Th-C}$$

#### 21.2.3 CALCUL DE Tic

Dans le résidentiel, Tic est la valeur maximale des température opératives obtenues pour toute la journée (24 h).

Dans le non résidentiel, Tic est la valeur maximale des températures opératives obtenues en période d'occupation, période définie dans le Tableau 5.

## 21.3 DONNEES CLIMATIQUES

### 21.3.1 TEMPERATURE ET HYGROMETRIE

#### 21.3.1.1 Valeurs de référence au niveau de la mer

L'objectif de la méthode est la détermination des conditions intérieures de températures obtenues lors d'une journée chaude de référence, définie comme la journée dont la température moyenne n'est dépassée, en moyenne, que cinq jours par an. La caractérisation de cette journée n'est cependant pas suffisante : les effets d'inertie séquentielle peuvent dans certains cas entraîner une amélioration sensible du confort, dont il est nécessaire de tenir compte.

De plus l'hygrométrie de l'air extérieur est nécessaire pour caractériser l'efficacité des systèmes de rafraîchissement adiabatique de l'air éventuellement utilisés.

Les caractéristiques météorologiques retenues sont les suivantes :

- Eseq écart de température entre la moyenne de la journée chaude de référence et la moyenne mensuelle (°C),
- Tqm température quotidienne moyenne (°C),
- Eq écart (demi amplitude) quotidien (°C),
- wm humidité quotidienne moyenne. (g/kg d'air sec).

Les valeurs de référence sont données dans le tableau suivant :

Zones		Jour chaud de base (dépassé 5 jours/été)				
		Eseq	Tqm	Eq	wm	
H2a, H1a sauf les départements 28, 75, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95	Littoral	4	21,5	5,5	11	
	Intérieur	4	21,5	7,0	10	
Départements 28, 75, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95. H1b, H2b sauf les départements 16, 17	Littoral	4	23	6,5	11	
	Intérieur	4	23	7,5	10	
Départements 16, 17 H2c, H1c sauf le département 05	Littoral	4	24,5	6,5	12	
	Intérieur	Zone Ouest (32, 40, 47, 64 et 82)	4	24,5	6,5	12
		Zone Est autres Dépts	4	24,5	8	10
H3, H2d et le département 05	Littoral	Zone Est (06, 83, 2A et 2B)	3	26	4	14
		Zone Ouest (11, 13, 30, 34 et 66)	3	26	4	12
	Intérieur		3	26	8	10

**Tableau 93 : Caractéristiques climatiques des zones**

Le littoral est défini par une distance à la mer inférieure ou égale à 10 km, l'intérieur des terres par une distance à la mer supérieure à 10 km.

#### 21.3.1.2 Correction d'altitude

Elle est identique à celle prise en compte dans la méthode Th-C.

### 21.3.1.3 Valeurs horaire des températures

La courbe de variation horaire de température extérieure, en temps solaire vrai, est déterminée en fonction de  $T_{qm}$  et  $E_q$  suivant la formule :  $\theta_{ei}(h) = T_{qm} + E_q \cdot C(h)$  avec :

h	C(h)	h	C(h)	h	C(h)	h	C(h)
0 à 1	- 0,6585	6 à 7	- 0,7085	12 à 13	0,8350	18 à 19	0,5320
1 à 2	- 0,7715	7 à 8	- 0,4050	13 à 14	0,9165	19 à 20	0,2605
2 à 3	- 0,8890	8 à 9	- 0,0615	14 à 15	0,9365	20 à 21	- 0,0130
3 à 4	- 0,9820	9 à 10	0,2620	15 à 16	0,9660	21 à 22	- 0,2465
4 à 5	- 1,0045	10 à 11	0,5235	16 à 17	0,9025	22 à 23	- 0,4220
5 à 6	- 0,9170	11 à 12	0,7105	17 à 18	0,7560	23 à 24	- 0,5500

Tableau 94 : Valeurs de C(h)

### 21.3.2 RAYONNEMENT SOLAIRE ET RAYONNEMENT FROID VERS LA VOUTE CELESTE

#### 21.3.2.1 Données de référence

Les valeurs moyennes horaires des rayonnements  $I_{di}$  et  $I_{Dn}$  en  $W/m^2$  sont données dans le tableau suivant, les heures étant exprimées en temps solaire vrai.

Les calculs sont menés pour les conditions suivantes :

Zones H1a, H1b, H2a, H2b sauf les départements 16 et 17 : 25 Juillet ; latitude 49 degrés,

Zones H1c, H2c, H2d, H3 et les départements 16 et 17 : 27 Juillet ; latitude 45 degrés.

heures		Zones H1a, H1b, H2a, H2b sauf les départements 16 et 17			zones H1c, H2c, H2d, H3 et les départements 16 et 17		
		direct normal ( $I_{Dn}$ )	diffus isotrope ( $I_{di}$ )	rayon. froid horiz.	direct normal ( $I_{Dn}$ )	diffus isotrope ( $I_{di}$ )	rayon. froid horiz.
de	à	$W/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$
0	1	0	0	-70	0	0	-70
1	2	0	0	-70	0	0	-70
2	3	0	0	-70	0	0	-70
3	4	0	0	-70	0	0	-70
4	5	50	12	-70	30	7	-70
5	6	132	69	-70	150	62	-70
6	7	288	124	-70	332	114	-70
7	8	432	153	-70	520	139	-70
8	9	528	174	-70	653	145	-70
9	10	600	182	-70	745	150	-70
10	11	633	193	-70	788	141	-70
11	12	644	199	-70	793	147	-70
12	13	644	199	-70	793	147	-70
13	14	633	193	-70	788	141	-70
14	15	600	182	-70	741	150	-70
15	16	528	174	-70	653	145	-70
16	17	432	153	-70	520	139	-70
17	18	288	124	-70	332	114	-70
18	19	132	69	-70	150	62	-70
19	20	50	12	-70	30	7	-70
20	21	0	0	-70	0	0	-70
21	22	0	0	-70	0	0	-70
22	23	0	0	-70	0	0	-70
23	24	0	0	-70	0	0	-70

Tableau 95 : Rayonnements solaires et froids conventionnels

La valeur conventionnelle de l'albédo est de 0,2.

### 21.3.2.2 Rayonnements sur les parois non protégées

Le calcul est conduit comme dans §11.2.1.

### 21.3.3 VITESSE DU VENT

La valeur conventionnelle utilisée est 1m/s.

## 21.4 APPORTS INTERNES

Les apports internes et les apports dus à l'éclairage,  $A_i(h)$ , sont répartis à égalité sous formes convective et radiative. Les valeurs totales (convectif + radiatif) sont définies dans les règles Th-C. La semaine de calcul est considérée comme n'étant pas en période de vacances.

## 21.5 CALCUL DES DEBITS DE RENOUELEMENT D'AIR

### 21.5.1 APPROCHE GENERALE

Pour chaque heure, le débit de ventilation par le système spécifique est calculé conformément à la méthode Th-C, y compris l'impact des défauts d'étanchéité.

Un débit additionnel  $Q_{vete}$  est ajouté comme indiqué pour l'ouverture des baies dans les Th-C (donc sans impact sur le calcul d'infiltration). Ce débit est calculé par :

$$q_{vete}(h) = \max (q_{vouvete}(h) ; q_{vsurvete}(h))$$

avec :

$q_{vouvete}$  : débit dû à l'ouvertures des fenêtres et ouvrants spécifiques,

$q_{vsurvete}$  : surdébit dû à un système spécifique de surventilation.

### 21.5.2 CALCUL DU DEBIT D'AIR DU A L'OUVERTURE DES FENETRES ET DES OUVRANTS SPECIFIQUES

Pour une heure donnée, le débit est calculé comme suit :

$$q_{vouvete}(h) = 1800 A_{ouvete}(h) R_{ouvete}(h-1) ((C_{tnte} + 0,0035 H_{ttf} \text{ abs}(\theta_{ei} - \theta_i))^{0.5})$$

avec :

$R_{ouvete}$  : ratio d'ouverture dépendant de la température intérieure.

$R_{ouvete}$  est régi par la valeur de la température intérieure opérative,  $\theta_{op}$ , et est proportionnelle à cette dernière sur une bande  $\theta_{opmin} - \theta_{opmax}$  avec  $\theta_{opmin} = 20$  °C et  $\theta_{opmax} = 24$  °C.

Pour  $\theta_{op} < \theta_{opmin}$ ,  $R_{ouvete} = 0$ .

Pour  $\theta_{op} > \theta_{opmax}$ ,  $R_{ouvete} = 1$

On considère un temps de réaction d'une heure. La détermination de  $R_{ouvete}$  est donc fonction de la valeur de  $\theta_{op}$  calculée au pas de temps précédent.

$C_{tnte}$  : coefficient de prise en compte de l'aspect traversant (TE) non traversant (NTE) pour l'été.

Traversant	0.01
Non traversant	0.001

**Tableau 96 : Valeur de  $C_{tnte}$**

Commentaire : les aspects traversant d'hiver et traversant d'été mettent en jeu des débits très différents. Pour le premier cas un détalonnement des portes intérieures rend un groupe traversant. Pour l'été, il faut que les portes puissent être ouvertes.

H<sub>ttf</sub> : hauteur pour le tirage thermique,

Dans le cas des locaux pour lesquels la différence d'altitude entre le point bas de leur ouverture la plus basse et le point haut de leur ouverture la plus haute est égale ou supérieure à 4 m, H<sub>ttf</sub> a pour valeur cette différence d'altitude.

Pour les maisons individuelles on applique la différence d'altitude entre la partie inférieure de l'ouvrant le plus bas et la partie supérieure de l'ouvrant le plus haut.

Pour les autres locaux, on applique une valeur conventionnelle de 1,5m.

θ<sub>ei</sub> : température de l'air extérieur,

θ<sub>i</sub> : température de l'air intérieur.

### 21.5.3 CALCUL DE LA SURFACE LIBRE EN OUVERTURE MANUELLE

Aouvete est la surface libre d'ouverture disponible pour les baies (fenêtres ou ouvrant spécifiques).

$$A_{ouvete}(h) = \sum b \cdot C_{pr}(b, h) \cdot R_{ouvmax} \cdot A_{baie}$$

Pour chaque baie, ou groupe de baies :

Abaie est la surface de la baie comptée en tableau,

R<sub>ouvmax</sub> = valeur conventionnelle de ratio ouverture maximale / surface en tableau,

C<sub>pr</sub>(b,h) est un coefficient prenant en compte la plage horaire et l'exposition au bruit.

#### 21.5.3.1 Résidentiel et Hébergement hors Etablissements sanitaires

On applique les valeurs suivantes :

R<sub>ouvmax</sub> = 0.7

C<sub>pr</sub>(b,h) est défini dans le tableau suivant :

	nuit : de 18h à 5h (soit 20h à 7h temps légal),	matinée : de 5h à 7h (soit 7h à 9h temps légal),	journée : de 7h à 18h (soit 9h à 20h temps légal).
BR1	1	1	0
BR 2-3	0.3	0.7	0

**Tableau 97 : Valeurs des coefficients C<sub>pr</sub>(b,h) en résidentiel**

On considère conventionnellement les maisons individuelles comme traversantes.

Pour les logement collectifs, la donnée traversant non traversant est une entrée de la méthode.

#### 21.5.3.2 Autres bâtiments

R<sub>ouvmax</sub> = 0.3

C<sub>pr</sub>(b,h) est défini dans le tableau suivant :

	inoccupation	occupation
BR1	0	1
BR 2-3	0	1

**Tableau 98 : Valeurs des coefficients C<sub>pr</sub>(b,h) en non résidentiel**

Les valeurs conventionnelles de Ctnte sont les suivantes :

Établissements sanitaires avec hébergement	NTE
Établissement sanitaire sans hébergement	NTE
Enseignement	NTE
Bureaux	NTE
Salles de spectacle, de conférence	NTE
Commerces	TE
Restauration plusieurs repas par jour	NTE
Établissements sportifs	TE
Stockage	TE
Industrie	TE
Transport	TE
Restauration un repas par jour	NTE
Locaux non compris dans une autre catégorie	NTE

**Tableau 99 : Valeurs conventionnelles de Ctnte**

#### **21.5.4 CALCUL DU DEBIT D'AIR DU A L'OUVERTURE D'OUVRANTS SPECIFIQUES EN INOCCUPATION POUR LES GROUPES A USAGE AUTRE QUE D'HABITATION ET N'ASSURANT PAS L'HEBERGEMENT**

Rouvete =1

Aouvete est l'aire maximale des ouvertures spécifiques commandée automatiquement en inoccupation

#### **21.5.5 SURVENTILATION POUR LE CONFORT D'ETE**

Le débit effectif qvsurvete est calculé comme suit :

$$qvsurvete(h) = R_{survete}(h) qvsurvetedis$$

R<sub>survete</sub> est régi par la valeur de la température d'air intérieure,  $\theta_i$ , et est proportionnelle à cette dernière sur une bande  $\theta_{i_{min}} - \theta_{i_{max}}$  avec  $\theta_{i_{min}} = 20 \text{ °C}$  et  $\theta_{i_{max}} = 24 \text{ °C}$ .

Pour  $\theta_i < \theta_{i_{min}}$ ,  $R_{survete} = 0$ .

Pour  $\theta_i > \theta_{i_{max}}$ ,  $R_{survete} = 1$ .

La détermination de R<sub>survete</sub> est fonction de la valeur de  $\theta_i$  au pas de temps considéré.

Commentaire ; on considère que la régulation s'effectue avec une sonde de température d'air intérieure.

qvsurvetedis ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) est le débit disponible de surventilation d'été (donnée d'entrée). Si un débit est déjà calculé en règles Th-C, il convient bien d'indiquer ici le surdébit disponible.



## 21.6 APPORTS SOLAIRES PAR LES BAIES

Pour les bâtiments dont les baies comportent des protections solaires mobiles, on considère que les protections solaires sont en place en permanence les jours les plus chauds. Le facteur solaire pris en compte est donc le facteur solaire protection solaire en place et calculé dans les conditions d'été,  $S_{w\_ap\_baie}$ , dont le mode de calcul est donné dans les règles Th-bât dans la partie Th-S.

En l'absence de protections solaires mobiles, on utilise le facteur solaire sans protection, calculé dans les conditions d'été,  $S_{w\_sp\_baie}$ , dont le mode de calcul est donné dans les règles Th-bât dans la partie Th-S

## 21.7 CONVENTIONS DE CALCUL ET VALEURS PAR DEFAUT

On rappelle que le calcul de Ticref doit être mené pour les valeurs du projet pour tout paramètre ne faisant pas l'objet d'une référence. Les valeurs par défaut doivent être utilisées de façon identique dans la référence et dans le projet.

### 21.7.1 REFERENCES REGLEMENTAIRES ET NORMATIVES A UTILISER

Les calculs relatifs aux déperditions par les parois, aux facteurs solaires et à l'inertie sont respectivement précisés dans les règles Th-C, Th-U, Th-S et Th-I. Les valeurs d'été des facteurs solaires sont à utiliser en particulier.

### 21.7.2 CARACTERISATION DU SITE

#### 21.7.2.1 Caractéristiques climatiques

On utilise les valeurs par défaut suivantes, en particulier si la seule information disponible est la zone climatique de la méthode Th-C :

- Situation : intérieur,
- Altitude : 0

#### 21.7.2.2 Masques lointains

L'angle  $ang_{mi}$  sous lequel le masque est vu est égal à 20°.

### 21.7.3 CARACTERISATION DU GROUPE

#### 21.7.3.1 Principe général

On effectue le calcul par groupe.

En cas de présence d'une véranda :

- si les baies de la véranda peuvent être considérées comme ouvertes en été (ce qui implique qu'elles ne participent pas le cas échéant à l'isolement acoustique) le volume enveloppe sur lequel porte le calcul est la partie du logement hors véranda,
- dans le cas contraire, le volume comprend la véranda.

#### 21.7.3.2 Valeurs par défaut pour les masques

On considère par défaut qu'il n'y a pas de masques proches.

#### 21.7.3.3 Orientations et inclinaisons pour les baies

L'orientation et l'inclinaison des baies sont identiques à celles de la méthode Th-C.

#### **21.7.3.4 Parois opaques et ponts thermiques**

La répartition par orientation des parois opaques est identique à celle de la méthode Th-C.

Le facteur solaire par défaut des parois opaques est le suivant :

Parois	Facteurs solaires pour le confort d'été
Planchers hauts en béton ou en maçonnerie et toitures en tôles métalliques étanchées	0.02
Planchers hauts en couverture en tôles métalliques	0.025
Autres planchers hauts	0.015
Murs en contact avec l'extérieur ou avec le sol et ponts thermiques	0.02

On retient un coefficient d'absorption par défaut de 0,8 pour les planchers hauts et un coefficient d'absorption par défaut de 0,6 pour les murs.

#### **21.7.3.5 Ventilation par ouverture des fenêtres**

Pour les locaux appliquant la dérogation de l'article 36 en terme d'ouverture des baies, on considère par défaut une hauteur de tirage thermique H<sub>ttf</sub> de 4 m. Pour les autres locaux on applique la hauteur conventionnelle de tirage thermique H<sub>ttf</sub> de 1,5 m.

#### **21.7.3.6 Inertie**

L'inertie quotidienne et séquentielle du groupe sont déterminées par les règles Th-I.

Pour l'inertie quotidienne la démarche est donnée dans les règles Th-C

Pour l'inertie séquentielle les démarches suivantes sont possibles :

- prendre par défaut  $C_{ms} = C_m$
- déterminer la « classe d'inertie séquentielle » à partir des « points d'inertie séquentielle » des parois ou par le nombre de plancher lourds,
- déterminer  $C_{ms}$  par le calcul.

## Annexe A Calcul des puissances moyennes de ventilateurs

### A.1 SYSTEMES A DEBIT D'AIR CONSTANT

La puissance des ventilateurs est déterminée pour un débit d'air correspondant au débit d'hygiène augmenté de 10% en prenant en compte si nécessaire le taux de recyclage.

En occupation la puissance électrique moyenne du moteur du ventilateur est égale à sa puissance nominale en occupation, en inoccupation la puissance électrique est égale à la puissance nominale en inoccupation.

On applique la même règle au soufflage et à la reprise.

### A.2 SYSTÈMES À DÉBIT VARIABLE

#### A.2.1 BATIMENTS AUTRES QUE D'HABITATION

La puissance des ventilateurs est déterminée pour un débit d'air correspondant au débit d'hygiène augmenté de 10% en prenant en compte si nécessaire le taux de recyclage.

En occupation, la puissance électrique moyenne du moteur du ventilateur est égale à sa puissance nominale en occupation pondérée par une constante,  $C_{vent\_DAV}$ , dépendant du débit minimal possible véhiculé et du type de variation de vitesse.

En inoccupation, la puissance électrique moyenne du moteur du ventilateur est égale à sa puissance nominale en inoccupation pondérée par une constante,  $C_{vent\_DAV}$ , dépendant du débit minimal possible véhiculé et du type de variation de vitesse.

On distingue trois classes de débit minimal :

- débit minimal possible inférieur à 40% du débit nominal,
- débit minimal possible entre 40 et 70% du débit nominal,
- débit minimal possible entre 70 et 100% du débit nominal.

Les constantes, identiques en occupation et en inoccupation, sont présentées ci-dessous.

$C_{vent\_DAV}$	Débit minimal possible / Débit nominal		
	< 40%	de 40% à 70 %	> 70%
Type de variation de vitesse			
Variation électronique de vitesse	0,6	0,8	1
Hélicoïde à pales variables			
Inclineur et moteur à 2 vitesses	0,7	1	1
Registre avec ventilateur à action	0,8	1	1
autres	1	1	1

On applique la même règle au soufflage et à la reprise.

## A.2.2 BATIMENTS D'HABITATION COLLECTIFS

La puissance des ventilateurs est déterminée pour un débit d'air égal au débit d'hygiène augmenté de 10%, c'est-à-dire pour  $C_{fres} = 1,1$  et  $C_{dep} = 1$ .

### A.2.2.1 VMC auto réglable

$$P_{ventmoy} = ( (Dugd \ Pvent[1.1 \ Qvpointe] + (168-Dugd) \ Pvent[1.1 \ Qvbase] ) ) / 168$$

Avec: Dugd : durée d'utilisation en grand débit cuisine en h par semaine (Th C 5.414-1 tableau 20)

Qv pointe : somme des grands débits

Qv base : somme des débits de base

### A.2.2.2 VMC hygro réglable

$$P_{ventmoy} = ( (Dugd/Ratfois) \ Pvent[1.1 \ Qvmax] + (168-(Dugd/Ratfois)) \ Pvent[1.1 \ Qvrep] ) ) / 168$$

Avec

Dugd: durée d'utilisation en grand débit cuisine (Th C 5.414-1 tableau 20)

Ratfois : ratio de foisonnement éventuel si précisé dans l'Avis Technique. Le ratio de foisonnement est le rapport entre le débit maximal pris en compte pour le ventilateur et la somme des débits maximaux par logement.

Qvmax : débit max pour le dimensionnement du ventilateur selon l'avis Technique

Qvrep : défini en Avis Technique Cd non inclus

## A.2.3 MAISONS INDIVIDUELLES

### A.2.3.1 VMC auto réglable

$$P_{ventmoy} = ((Dugd \ Pvent \ C_{fres} \ Qvpointe] + (168-Dugd) \ Pvent \ C_{fres} \ Qvbase])) / 168$$

Avec :

Qv pointe : grand débit

Qv base: débit de base

### A.2.3.2 VMC hygro réglable

$$P_{ventmoy} = ((Dugd \ Pvent \ C_{fres} \ Qmax] + (168-Dugd) \ Pvent[C_{fres} \ Qvrep])) / 168$$

Avec

Qv max : débit max défini en Avis Technique

Qvrep : défini en Avis Technique Cd non inclus

## Annexe B Calcul des systèmes d'émission composite

### B.1 GENERALITES

Pour les systèmes d'émission composites, composé d'un système 1 et d'un système 2, on définit par classe de température la part assurée par le système 1 pour les classes et valeurs de référence de température extérieures suivantes :

min	-5	-2.5	0	2.5	5	7.5	10	12.5
max	-2.5	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15
Teref	-3.75	-1.25	1.25	3.75	6.25	8.75	11.25	13.75

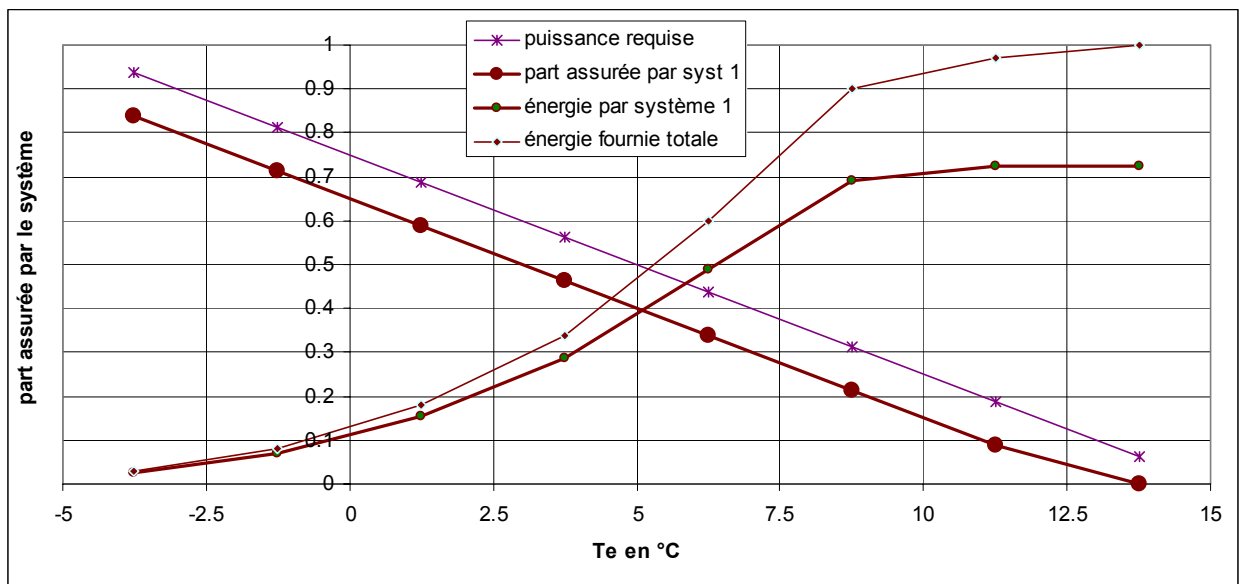
La part assurée par le système 1 est obtenue par application des coefficients de pondération suivants :

Limite de classes de Te	-5	-2,5	0	2,5	5	7,5	10	12,5
	-2,5	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15
Coefficients de pondération	0,03	0,05	0,1	0,16	0,26	0,3	0,07	0,03

L'application aux systèmes les plus courants est la suivante :

### B.2 SYSTEME BASE PLUS APPOINT

On considère conventionnellement que dans le cas où il n'est pas limité, le chauffage de base assure 90 % des besoins en conditions de base. Ceci correspond à une différence de température des points de consigne apparents entre système 1 et système 2 de l'ordre de 2 K permettant d'assurer la priorité au système 2.



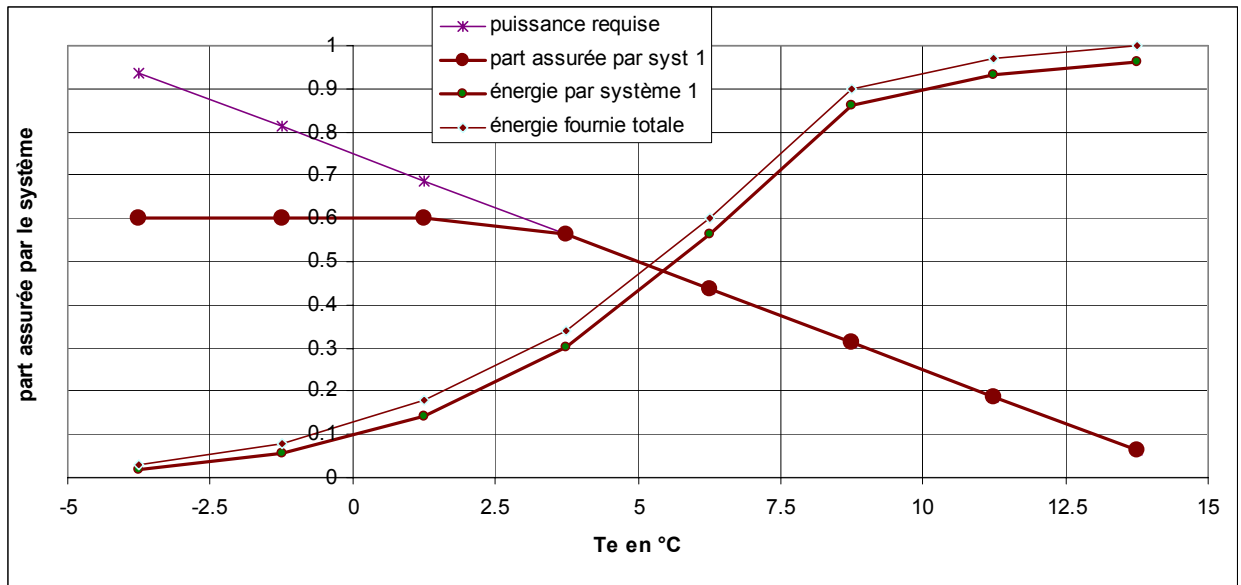
La part d'énergie fournie par le système 1 est de 0,72.

Si la puissance du système 1 est limitée les résultats obtenus sont les suivants :

Puissance système 1 / puissance requise en conditions de base	0,9	0,7	0,5	0,3
Part d'énergie apporté par le système 1	0,72	0,72	0,69	0,57

### B.3 COMPLEMENT PAR TEMPS FROID

Si le système 1 peut fournir 0,6 fois la puissance de dimensionnement, la part d'énergie assurée est de 0,96.



Pour d'autres valeurs, on obtient les résultats suivants :

Puissance système 1 / puissance requise en conditions de base	0,9	0,7	0,6	0,5
Part d'énergie apporté par le système 1	1,00	0,99	0,96	0,92

### B.4 SYSTEME ALTERNE

On applique simplement les coefficients de pondération cumulés en fonction de la température extérieure pour laquelle le système 1 est arrêté.

limites de classe de $T_e$	-5	-2,5	0	2,5	5	7,5	10	12,5
	-2,5	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15
coefficients de pondération	0,03	0,05	0,1	0,16	0,26	0,3	0,07	0,03
coefficients cumulés	0,03	0,08	0,18	0,34	0,6	0,9	0,97	1

En cas de mise en œuvre en saison froide, on applique conventionnellement un part de 60 % assuré par le système 1.

### B.5 VALEURS PAR DEFAUT

Pour les différents types de systèmes, on applique les valeurs par défaut suivantes :

$RP_{uis1}$  = Puissance maximale du système 1 /  $P_{total}$  requise en conditions de base

$Rat_{em1}$  = ratio d'énergie fourni par le système 1

	Base + appoint		Complément par temps froid			Alterné
$RP_{uis1}$	0,7 à 1	0,5 à 0,6	0,7 à 1	0,6 à 0,7	0,5 à 0,6	
$Rat_{em1}$	0,72	0,69	1	0,96	0,92	0,6